

Felipe Scotti Alves Tonin Simoni

CONFORTO TÉRMICO HUMANO EM SALAS COMERCIAIS DE UM EDIFÍCIO  
COM FACHADA VENTILADA

Trabalho de conclusão de curso  
apresentado ao Departamento de  
Engenharia Civil da Universidade Federal  
de Santa Catarina como requisito parcial  
para obtenção do grau de Engenheiro  
Civil.

Orientador: Prof. Enedir Ghisi, PhD

Coorientador: Ricardo Forgiarini Rupp, Dr.

Florianópolis

2018

Felipe Scotti Alves Tonin Simoni

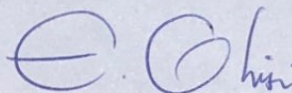
**CONFORTO TÉRMICO HUMANO EM SALAS COMERCIAIS DE UM EDIFÍCIO  
COM FACHADA VENTILADA**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado como parte dos  
requisitos para obtenção do título de

**ENGENHEIRO CIVIL**

Prof.<sup>a</sup> Luciana Rohde, Dr.<sup>a</sup>  
Coordenadora do Curso

**Banca Examinadora:**



Prof. Enedir Ghisi, Dr.  
Orientador  
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Ricardo Forgiarini Rupp, Dr.  
Coorientador  
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof.<sup>a</sup> Liseane Padilha Thives, Dr.<sup>a</sup>  
Universidade Federal de Santa Catarina

Matheus Soares Geraldi, M.Eng.  
Doutorando do PPGEC/UFSC  
Universidade Federal de Santa Catarina

## **Agradecimentos**

Aos meus pais, Vanderlei e Vanda, por me proporcionarem todas as condições necessárias para eu cursar a graduação, por acreditarem em mim e apoiarem as minhas decisões.

Ao meu irmão, Matheus, por sempre servir de inspiração.

A todos os meus amigos, pelas ajudas, horas de estudo e momentos de descontração. Sem vocês, o curso seria mais difícil.

Ao Professor Enedir, por toda a dedicação, orientação e paciência durante este ano de trabalho.

Ao Professor Ricardo, pela coorientação, esclarecimento de dúvidas, suporte com os equipamentos e coletas de campo.

Aos membros da banca, Eng. Matheus e Professora Liseane, por aceitarem avaliar o trabalho e colaborar com sugestões para melhoria do mesmo.

Ao Fábio Lunardelli por ajudar a encontrar salas para a coleta de campo e por todo o material fornecido sobre fachadas ventiladas.

A todas as empresas que aceitaram participar das coletas de campo. Sem isso, não seria possível realizar o trabalho.

Por fim, a todos que me ajudaram, de qualquer modo, ao longo da graduação.

## **Resumo**

Este trabalho tem como objetivo analisar o conforto térmico humano em salas comerciais de um edifício com fachada ventilada localizado na cidade de São José/SC no clima subtropical úmido. Foi realizado o estudo de campo envolvendo a coleta de questionários e medições microclimáticas em cinco dias espaçados em duas semanas, além da coleta de temperatura e de umidade relativa do ar interno pelo período de 75 dias. Com base nas respostas fornecidas pelos entrevistados e nas variáveis ambientais internas e externas, essas fornecidas pela estação climática do Instituto de Meteorologia da cidade de São José/SC, foram calculados os índices de conforto térmico de acordo com a norma americana ASHRAE-55 (2017). Assim, foram comparadas as sensações relatadas pelos entrevistados com os índices calculados pela norma, para verificar a adequabilidade da mesma para avaliação do conforto térmico na região estudada. Essa comparação mostrou que a norma superestima a sensação de frio dos ocupantes, fato relatado em outros estudos da literatura. Verificou-se a influência das características antropométricas na aceitabilidade térmica, concluindo que, para o grupo de estudos, pessoas com menor índice de massa corpórea e do gênero feminino tendem a sentir mais frio do que as outras. Foi observado, também, que os ocupantes das salas comerciais do edifício de fachada ventilada relataram boa aceitabilidade térmica.

**Palavras-chave:** Conforto térmico. Fachada ventilada. Edificações comerciais.

## Lista de Figuras

<b>Figura 1:</b> Representação do sistema de fachada ventilada em regiões de clima quente .....	15
<b>Figura 2:</b> Corte da representação do sistema de fachada ventilada .....	15
<b>Figura 3:</b> Instalação das cantoneiras, lã de rocha e guias de alumínio .....	16
<b>Figura 4:</b> Rosa dos ventos da (a) frequência de ocorrência dos ventos para cada estação do ano com diferentes orientações e das (b) velocidades médias predominantes do ar .....	27
<b>Figura 5:</b> Médias diárias para o período de outubro/2017 a outubro/2018 .....	28
<b>Figura 6:</b> Frequência de ocorrência do vento de acordo com cada orientação no período de outubro/2017 a outubro/2018 .....	29
<b>Figura 7:</b> Frequência de ocorrência do vento para diferentes orientações no período estudado .....	30
<b>Figura 8:</b> Velocidade média do vento para diferentes orientações no período estudado .....	30
<b>Figura 9:</b> Velocidade das rajadas para diferentes orientações no período estudado. ....	31
<b>Figura 10:</b> Temperaturas máximas, médias e mínimas mensais e umidade relativa média mensal do ar externo no período de coleta de dados para São José.....	31
<b>Figura 11:</b> Precipitação mensal e quantidade de dias com precipitação maior do que 1 mm .....	32
<b>Figura 12:</b> Edifício estudado.....	33
<b>Figura 13:</b> Estação microclimática SENSU .....	37
<b>Figura 14:</b> Receptor de dados e computador portátil utilizados na pesquisa em campo. ....	38
<b>Figura 15:</b> Disposição do sensor de referência e dos HOBOS no processo de calibração.....	39
<b>Figura 16:</b> Procedimento de pesquisa em campo .....	40
<b>Figura 17:</b> Temperatura média predominante do ar externo e média diária da temperatura do ar interno das salas ao longo do período de estudo .....	44
<b>Figura 18:</b> IMC para cada gênero.....	48
<b>Figura 19:</b> Vestimentas dos entrevistados .....	48
<b>Figura 20:</b> Hábitos dos entrevistados em relação ao uso de aparelhos de ar-condicionado .....	49

<b>Figura 21:</b> Frequência dos locais onde os entrevistados usam aparelhos de ar-condicionado .....	50
<b>Figura 22:</b> Votos de sensação térmica .....	50
<b>Figura 23:</b> Frequência das preferências dos entrevistados .....	51
<b>Figura 24:</b> Frequência dos votos de aceitabilidade térmica dos entrevistados .....	52
<b>Figura 25:</b> Frequência de votos de conforto térmico dos entrevistados .....	52
<b>Figura 26:</b> Média dos votos de sensação térmica por cada categoria de IMC .....	53
<b>Figura 27:</b> Preferência térmica de acordo com cada classe de IMC no modo de operação por ventilação natural .....	54
<b>Figura 28:</b> Valores de SET* para cada categoria de IMC no modo de operação por ventilação natural .....	55
<b>Figura 29:</b> Valores de SET* para cada categoria de IMC no modo de operação por ar-condicionado .....	56
<b>Figura 30:</b> Média dos votos de sensação térmica por gênero .....	56
<b>Figura 31:</b> Preferência térmica de acordo com o gênero no modo de operação por ventilação natural .....	57
<b>Figura 32:</b> Valores de SET* para cada gênero no modo de operação por ventilação natural .....	58
<b>Figura 33:</b> Valores de SET* para cada gênero no modo de operação por ar-condicionado .....	58
<b>Figura 34:</b> Média dos votos de sensação térmica de acordo com os hábitos de uso de aparelhos de ar-condicionado dos entrevistados .....	59

## **Lista de Tabelas**

<b>Tabela 1:</b> Valores de metabolismo para diferentes atividades.....	21
<b>Tabela 2:</b> Valores de Iclo para algumas roupas.....	22
<b>Tabela 3:</b> Escala sétima de PMV .....	23
<b>Tabela 4:</b> Escala utilizada para as questões do questionário .....	35
<b>Tabela 5:</b> Classificação do IMC .....	42
<b>Tabela 6:</b> Temperatura do ar interno e externo durante o período de agosto/18 a outubro/18 .....	43
<b>Tabela 7:</b> Resumo das variáveis ambientais internas e externas, respostas dos usuários e índices calculados.....	45
<b>Tabela 8:</b> Variáveis climáticas durante as coletas de questionários .....	46
<b>Tabela 9:</b> Características dos entrevistados .....	47
<b>Tabela 10:</b> Aceitabilidade da ventilação do ar interno .....	53
<b>Tabela 11:</b> Votos de sensação térmica por categoria do IMC no modo de climatização por ventilação natural .....	54
<b>Tabela 12:</b> Votos de sensação térmica por categoria do IMC no modo de climatização por ar-condicionado .....	54
<b>Tabela 13:</b> Votos de sensação térmica por gênero no modo de climatização por ventilação natural .....	57
<b>Tabela 14:</b> Votos de sensação térmica por gênero no modo de climatização por ar-condicionado .....	57
<b>Tabela 15:</b> Médias dos índices de conforto térmico respondidos pelos usuários e dos calculados no modo de climatização por ventilação natural.....	60
<b>Tabela 16:</b> Médias dos índices de conforto térmico respondidos pelos usuários e dos calculados no modo de climatização por ar-condicionado .....	60

## Sumário

<b>1. Introdução.....</b>	<b>10</b>
1.1. Justificativa .....	10
1.2. Objetivos .....	12
1.2.1. Objetivo geral .....	12
1.2.2. Objetivos específicos.....	12
1.3. Estrutura do trabalho .....	13
<b>2. Revisão bibliográfica .....</b>	<b>14</b>
2.1. Origem e definições de fachada ventilada .....	14
2.2. Conforto térmico .....	17
2.2.1. Histórico das normas de conforto térmico nos últimos 60 anos.....	17
2.2.2. Variáveis ambientais influentes na análise do conforto térmico .....	19
2.2.3. Características do grupo de estudo e influência na análise do conforto térmico.....	20
2.2.4. Índices de conforto térmico.....	23
2.3. Considerações finais.....	23
<b>3. Método .....</b>	<b>25</b>
3.1. Características climáticas de São José/SC e região no período da coleta de dados .....	25
3.2. Salas comerciais estudadas .....	32
3.3. Questionário aplicado .....	34
3.4. Método de coleta de dados.....	36
3.4.1. Instrumentação e procedimento de campo .....	37
3.4.2. Análise dos dados .....	40
<b>4. Resultados .....</b>	<b>43</b>
4.1. Variação da temperatura do ar interno e externo para o período estudado .....	43
4.2. Variáveis ambientais internas e externas, respostas dos ocupantes e índices de conforto térmico calculados .....	44



4.2.1. Variáveis ambientais .....	45
4.2.2. Características dos entrevistados.....	47
4.2.3. Respostas subjetivas e índices de conforto térmico.....	50
<b>5. Conclusões .....</b>	<b>61</b>
5.1. Limitações do trabalho .....	62
5.2. Sugestões para trabalhos futuros .....	63
<b>Referências .....</b>	<b>64</b>
<b>Apêndice .....</b>	<b>69</b>

## **1. Introdução**

### **1.1. Justificativa**

Durante as últimas décadas, tornou-se perceptível o aumento da dependência das pessoas relacionada ao uso de sistemas de climatização em edificações. Devido ao constante uso dos aparelhos de ar-condicionado e maior frequência de dias mais quentes ao longo do ano, nota-se maior exigência por parte dos ocupantes em relação às condições de temperatura e ventilação nos ambientes, tornando raras as salas comerciais na América do Sul sem esses aparelhos. Com isso, o consumo de energia aumentou consideravelmente, visto que os sistemas de climatização representam a maior fração de energia consumida em uma edificação (BEN, 2017; DE VECHI; CÂNDIDO; LAMBERTS, 2012).

Em consequência do vício no uso de aparelhos de ar-condicionado, ocasionado pela memória térmica, cria-se o ciclo vicioso de maior necessidade do uso desse aparelho, contribuindo com a emissão de gases agravantes para o efeito estufa e, conseqüentemente, aumentando a temperatura da terra (ROAF; NICOL; HUMPHREYS, 2010; DE VECCHI; CÂNDIDO; LAMBERTS, 2012).

Como alternativa para essa adversidade, outros meios de melhorar o conforto térmico dos ocupantes em edificações são estudados. Entre eles, encontram-se as técnicas construtivas das fachadas, responsável não só pela estética da edificação, a fachada atua como isolante térmico significativo. Isso se deve ao fato de que a principal fração de ganhos térmicos é gerada pela absorção da radiação do ambiente externo (SORGATO, 2009). Com isso, diferentes técnicas construtivas e materiais são estudados para melhorar o desempenho térmico das edificações (MIZGIER; PENSO, 2016). Dentre essas técnicas, encontra-se o sistema de fachada ventilada.

Criada na Europa, essa técnica foi aplicada inicialmente para climas frios com o objetivo de diminuir os custos com calefação (POIRAZIS, 2004). Porém, de acordo com Souza (2010), três características do sistema de fachada ventilada mostram que esse método é igualmente vantajoso em climas quentes. A primeira é a continuidade do isolamento térmico provido pela homogeneidade do revestimento externo, o que elimina a maioria das pontes térmicas encontradas em edificações de concreto armado e alvenaria com fachadas feitas com técnicas usuais. A segunda é o efeito para-sol proporcionado pelo revestimento externo, deste modo a energia solar a ser absorvida pela fachada interna é reduzida substancialmente. A terceira

característica é a de o sistema de fachada ventilada ter maior inércia térmica do que o revestimento comum, fazendo com que a variação na temperatura interna seria menor quando há significativa variação na temperatura externa.

Para asseverar tal vantagem, recorre-se às simulações computacionais. Contudo, devido ao sistema atípico de circulação de ar causado por meio do efeito chaminé (explanado na seção 2.1) na câmara entre o revestimento externo e a parede interna, a simulação de conforto térmico em edifícios com fachada ventilada envolve temas complexos referentes às trocas de calor (MANZ; FRANK, 2005). Por isso, diferentes padrões de modelagem são realizados, trazendo resultados, por vezes, destoantes.

Gratia e Herde (2004), na simulação pelo programa TAS de um edifício localizado na Bélgica, obtiveram como resultado a diminuição da energia gasta para refrigeração e calefação quando o sistema de fachadas ventiladas era considerado no revestimento externo.

Wong et al. (2008) realizaram a simulação térmica para um edifício de dezoito pavimentos com fachada ventilada translúcida localizado no clima quente e úmido no hemisfério norte. Como resultado, constataram que, por meio de aberturas na camada externa, podem-se obter resultados positivos em relação à economia de energia e melhoria do desempenho térmico.

Barbosa et al. (2013) relatam as limitações na modelagem do sistema de fachadas ventiladas no programa computacional EnergyPlus, sendo necessário a integração do modelo deste *software* com o modelo de ventilação em CFD (*Computational Fluid Dynamics*). Com isso foi possível simular o sistema para revestimentos translúcidos.

Para todas as simulações citadas anteriormente, os edifícios eram caracterizados por revestimento translúcido, sendo que, por deixarem passar maior quantidade de calor, ambientes com esse revestimento costumam demandar maior carga térmica para os sistemas de refrigeração (MONTEIRO, PEZZUTO, 2012). No entanto, atualmente diversos materiais estão sendo empregados nesse sistema construtivo.

Como a maioria das edificações situadas na região de Florianópolis são construídas utilizando o sistema de alvenaria de vedação com revestimento externo de pastilha ou pintura, essas simulações podem não representar fielmente a comparação entre o sistema de fachada ventilada e os edifícios tradicionais situados na região.

Na simulação de Mizgier e Penso (2016) foram testados revestimentos opacos com diferentes absorvâncias. Para o caso de cores escuras na fachada oeste, o método de fachada ventilada apresenta redução de 20% na carga térmica frente ao revestimento de um sistema comum. Porém, para revestimentos com menor absorvância (0,20) a carga térmica total para refrigeração anual foi seis por cento maior para edifícios de fachada ventilada. A explicação encontrada foi que o uso do sistema com menor absorvância ocasiona menor perda de calor para o meio, mesmo tendo um ganho menor.

Para a comparação por meio de estudos de campo, é necessário encontrar edifícios semelhantes em relação ao tamanho das salas comerciais, tipo de utilização e localização, visando obter os mesmos parâmetros solicitados pelas normas ASHRAE-55 e ISO 7730 para a análise do conforto térmico. Além disso, considerando a simulação de Mizgier e Penso (2016), é necessário encontrar edifícios com cores semelhantes de revestimento externo. Devido ao baixo número de edifícios com fachadas ventiladas na região de Florianópolis, torna-se difícil realizar a comparação direta entre os métodos de revestimento externo.

Apesar dessas limitações, a realização de estudos de campo relacionados ao conforto térmico em edifícios com fachadas ventiladas é imprescindível para verificar a sensação térmica real dos ocupantes. Conforme exemplificado, estimar o conforto térmico apenas por meio de simulações pode levar a resultados destoantes devido ao modelo utilizado. Com as informações fornecidas pelas coletas de campo, é possível obter maior precisão e confiabilidade de resultados.

## **1.2. Objetivos**

### **1.2.1. Objetivo geral**

O objetivo geral deste trabalho é verificar o conforto térmico dos ocupantes de salas comerciais onde há existência de fachadas ventiladas e sistema de ventilação misto.

### **1.2.2. Objetivos específicos**

Este trabalho tem como propósito atender aos seguintes objetivos específicos:

- Investigar a influência das características antropométricas, como a estatura, o peso e o gênero na aceitabilidade térmica dos ocupantes das salas providas do sistema de fachada ventilada;
- Avaliar o modelo de conforto térmico descrito pelas normas ISO 7730 e ASHRAE 55, buscando apontar eventuais incoerências em relação aos dados obtidos em campo.

### **1.3. Estrutura do trabalho**

A estrutura deste trabalho consiste em cinco capítulos: o primeiro capítulo possui caráter introdutório, apresentando a justificativa para a realização do estudo, o objetivo geral, os objetivos específicos e a estrutura do trabalho. O segundo capítulo apresenta a revisão de literatura sobre características de fachadas ventiladas, histórico e modelos de análise do conforto térmico, características e estudos de campo referentes ao conforto térmico na região de Florianópolis/SC. O terceiro capítulo explica o método utilizado para obtenção e análise dos dados de campo. O quarto capítulo apresenta os dados obtidos em campo. O quinto capítulo é referente às conclusões gerais do trabalho, apresentando limitações no estudo de campo e sugestões para trabalhos futuros.

## **2. Revisão bibliográfica**

A revisão bibliográfica apresentará conceituações de fachada ventilada de diversas literaturas, bem como definições, normas e estudos sobre conforto térmico.

### **2.1. Origem e definições de fachada ventilada**

O sistema de fachada ventilada originou-se na Europa. Saelens (2002) menciona que Jean-Baptiste Lobard, em 1849, descreveu o mecanismo de ventilação em fachadas de múltiplas camadas. Durante o verão, o ar frio circularia na câmara de ar, assim como no inverno haveria circulação de ar quente nesse espaço.

No ano de 1888, Otto Wagner, professor da Academia de Belas Artes de Viena, introduziu a nova técnica construtiva de revestimento não colado à parede, visando melhor qualidade na construção aliada à redução de gastos (DUTRA, 2010).

Wong, Prasad e Behnia (2008) alegam que a primeira verificação prática do sistema de fachada ventilada ocorreu em 1903 no edifício *Steiff Factory* na cidade de Giengen, Alemanha. Desde então, materiais e técnicas empregados nesse sistema construtivo têm sido desenvolvidos de acordo com as características arquitetônicas das edificações de cada região. Como exemplo, percebe-se a tendência do uso de revestimentos envidraçados em países do hemisfério norte, estando de acordo com as definições de autores descritas por Poirazis (2004). O mesmo sugere que, por serem aplicadas em locais distintos, as fachadas ventiladas podem apresentar diferentes definições, podendo causar certa confusão e até equívocos.

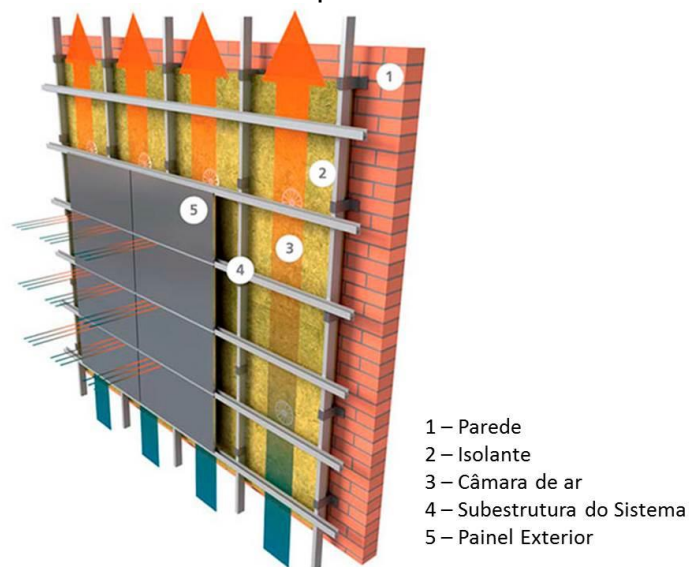
Wong, Prasad e Behnia (2008) definem o método como o sistema composto pelos revestimentos, interno e externo, envidraçados. Deste modo, cria-se uma câmara de ar entre eles. Com o intuito de que ocorra a circulação de ar nessa câmara, fator primordial para diferenciação entre fachada de pele dupla e fachada ventilada, é essencial que existam aberturas na parte inferior e superior do revestimento externo. Essa circulação de ar, chamada de efeito chaminé, consiste na entrada de ar em temperatura ambiente pela parte inferior e saída do ar quente pela parte superior da fachada.

Contudo, observando o local de estudo e outros edifícios com fachadas ventiladas, nota-se o emprego de diferentes materiais. Usualmente, o sistema é

composto pela parede interna de alvenaria e o revestimento externo preso por uma subestrutura metálica, afastado dessa parede, criando, deste modo, uma câmara que possibilita a circulação de ar. Os tipos de revestimentos externos mais usados no Brasil são: cerâmicos, porcelanatos, placas cimentícias, pedras e resinas (MÜLLER; ALARCON, 2005).

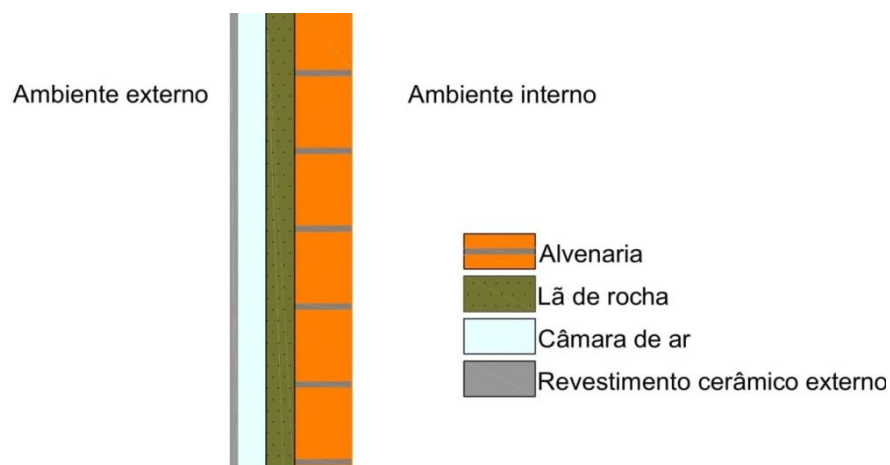
Pode-se utilizar, também, uma camada de isolante térmico constituído por lã de rocha ou poliestireno extrudado na parede interna, como mostra a Figura 1. Deste modo, a circulação de ar ocorre entre o revestimento externo e o isolante térmico.

**Figura 1:** Representação do sistema de fachada ventilada em regiões de clima quente



Fonte: Gilson Santana

**Figura 2:** Corte da representação do sistema de fachada ventilada

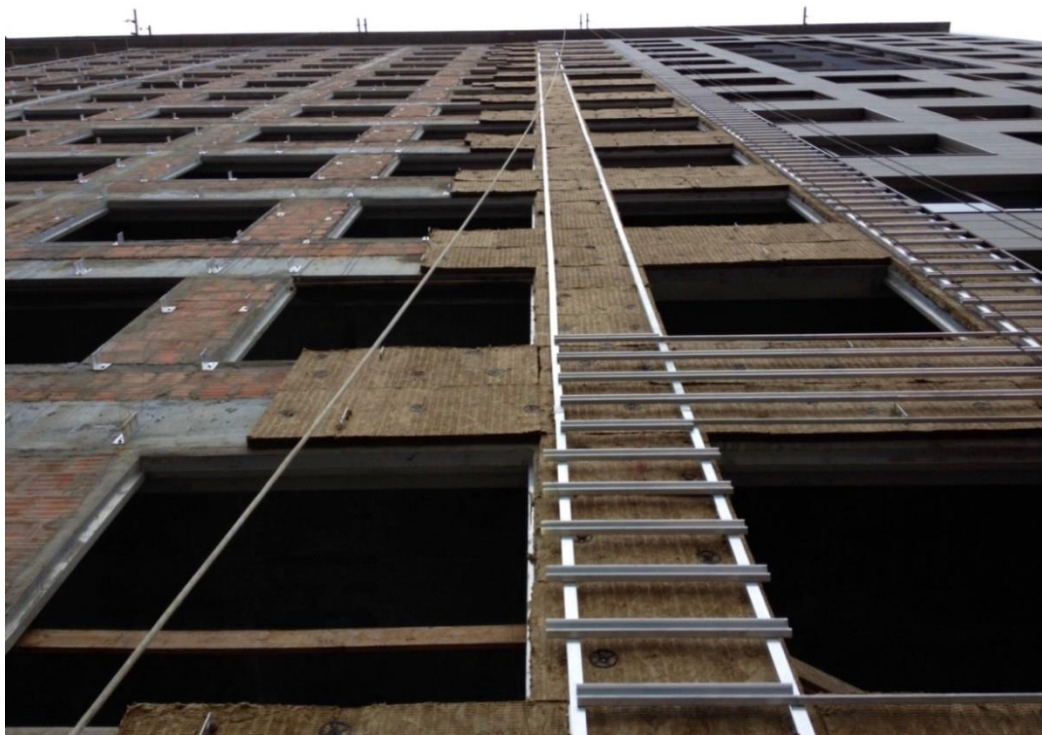


As Figuras 1 e 2 mostram que a parede interna não necessita de reboco e que as placas do revestimento externo não possuem rejunte ou selante. Desta forma, o sistema não é estanque e possibilita que a água da chuva escorra pela parte interna desse revestimento. Portanto, duas obrigações devem ser cumpridas: a primeira é a proteção quanto à água da chuva, visto que a alvenaria se encontra suscetível a infiltrações; a segunda é a transpirabilidade, pois como a água pode escorrer por dentro da câmara de ar, é necessário garantir sua saída deste ambiente.

Na Figura 2, optou-se por não representar a subestrutura metálica com o intuito de facilitar a compreensão do espaço destinado à câmara de ar.

No caso do local de estudo, o revestimento externo é cerâmico e a parede interna é de alvenaria, possuindo, ainda, uma camada de lã de rocha como isolante térmico. A Figura 3 mostra como é feita a instalação de cantoneiras diretamente sobre a alvenaria, ao lado esquerdo. Ao centro é possível ver a instalação de lã de rocha, como isolante térmico, e guias de alumínio. Ao lado direito, tem-se a colocação das placas cerâmicas de revestimento externo nas guias horizontais de alumínio.

**Figura 3:** Instalação das cantoneiras, lã de rocha e guias de alumínio



Fonte: Fábio Lunardelli



## **2.2. Conforto térmico**

Fanger (1970) definiu conforto térmico como a situação em que uma pessoa não prefere sentir mais calor ou mais frio no ambiente em que se encontra. Com o passar dos anos, alguns autores foram complementando essa definição. Hoje, as normas internacionais ISO 7730 (2005) e ASHRAE 55 (2017) definem o conforto térmico como o estado de espírito que expressa satisfação com o ambiente térmico. Essa sensação ocorre quando o balanço das trocas de calor que o corpo está submetido for nulo. Essa definição, dada por Tanabe (1988), encontra-se nas versões da década de 1990 dessas normas, permanecendo inalterada até hoje.

### **2.2.1. Histórico das normas de conforto térmico nos últimos 60 anos**

A avaliação do conforto térmico em ambientes uniformes e não uniformes, termicamente falando, tem se mostrado muito complexa. Com a busca por edificações mais eficientes em questões de consumo energético, essa área de estudo tornou-se muito atrativa para pesquisadores (CHENG; NIU; GAO, 2012).

Com esse interesse, as normas de conforto térmico sofreram diversas mudanças desde que foram elaboradas. Uma das normas mais conhecidas, a ASHRAE 55, foi publicada pela primeira vez em 1966 e sofreu lentos incrementos nos anos de 1974, 1981, 1992 e 2004. Posteriormente, a frequência de atualizações aumentou consideravelmente, tendo a sua última versão lançada em 2017. Devido às diversas revisões, considera-se que essa norma é, a mais atualizada (LAMBERTS et al., 2013; ASHRAE, 2017). Outra norma de grande importância referente ao conforto térmico é a ISO 7730 (2005), com sua primeira versão em 1984 e primeira revisão em 1992.

Devido à série de pesquisas referentes ao assunto, diferentes modelos de avaliação foram apresentados. De acordo com Cheng, Niu e Gao (2012) os primeiros modelos foram desenvolvidos para aplicações militares e aeroespaciais. Em seguida, começaram os estudos para as áreas que enquadram maior parte da população, como locais de trabalho e residências.

Dentre esses modelos, destaca-se o de Fanger (1970), o qual foi o mais representativo para a análise de ambientes internos estáticos. Utilizado como base pelas normas internacionais ASHRAE 55 e ISO 7730, o modelo é fundamentado na análise de um cilindro como se fosse o corpo humano como um todo, sem fazer distinção de membros específicos, como pés e mãos. Os resultados são expressos

por meio dos índices PMV/PPD (descritos na subseção 2.2.3), os quais delimitam a zona de conforto térmico.

Contudo, com o passar do tempo e a realização de mais estudos de campo, o método de Fanger tem se mostrado limitado especialmente em ambientes de clima quente e úmido. Devido a isso, as normas passaram a considerar a possibilidade de adaptação a diferentes taxas metabólicas, climas e características das edificações existentes (CHENG; NIU; GAO, 2012).

No experimento de Andreasi, Lamberts e Cândido (2010), para prédios ventilados naturalmente, houve, no mês de abril, certa proximidade entre PPD e as respostas de satisfação dos usuários provavelmente causada pela frente fria que fez a temperatura do ar baixar 7,3°C em poucas horas. Contudo, para o mês de novembro, onde a temperatura era mais alta, ocorreu diferença de 15% entre PPD e a porcentagem real de pessoas insatisfeitas (APD, sigla em inglês).

Rupp et al. (2016) concluíram, na pesquisa feita em uma edificação de escritórios na cidade de Florianópolis, que o modelo PMV/PPD não se mostrou totalmente adequado para a localização. O modelo em questão superestimou a sensação de frio nas condições do estudo de campo. Na mesma pesquisa ainda há menção de outros experimentos que apontam discrepâncias nas edificações localizadas em climas mais quentes (HWANG et al., 2009; HENS, 2009; FONG; CHOW; LI, 2010; CAO et al., 2011; RICCIARDI; BURATTI, 2012; MAITI, 2013, 2014).

Com esses questionamentos, o modelo adaptativo para conforto térmico começou a ser aceito. Esse modelo considera a adaptação das pessoas em relação ao meio em que estão situadas, como exemplo, tem-se a influência da temperatura externa na aceitabilidade da temperatura interna (NICOL; HUMPHREYS, 2002).

O modelo adaptativo começou a ser desenvolvido por Humphreys e Nicol nos anos 1970. Posteriormente, outros autores desenvolveram equações buscando a temperatura neutra, tomando como base diferentes análises. As equações desenvolvidas por Auliciems e de Dear (1986) relacionam a média de temperatura externa e interna para chegar à temperatura neutra e serviram como base para a Equação 1 utilizada pela norma americana ASHRAE 55 (OROSA, 2009).

$$T_c = 0,31T_{ar\ ext} + 17,8 \quad (1)$$

Onde:

$T_c$  é a temperatura de conforto ( $^{\circ}\text{C}$ );

$T_{\text{ar ext}}$  é a temperatura do ar externo ( $^{\circ}\text{C}$ ).

Na versão da ASHRAE-55 (2009), o índice de temperatura efetiva padrão corrigido (SET\* - *Standard Effective Temperature Star*) foi implementado para a avaliação do conforto térmico em locais com alta velocidade do ar ou umidade relativa como forma de avaliar a influência desses valores na percepção da temperatura. Esse índice considera um ambiente hipotético com umidade relativa de 50%, velocidade do ar abaixo de 0,10 m/s e taxa metabólica dos usuários de 1,0 met e vestimenta de 0,6 clo.

A atualização de 2013 da ASHRAE apresentou a equação que indica a temperatura média predominante do ar externo. Nela, é utilizada a média da temperatura do ar externo em um período sequencial e imediatamente antes do dia de estudo. Como base de amostra, esse período deve ser entre sete e 30 dias.

Com a aceitação do modelo adaptativo pelas normas internacionais de conforto térmico, estratégias, como a ventilação natural, tornam-se viáveis em todo o mundo, contribuindo assim com a economia de energia conforme a frequência do uso de aparelhos de ar-condicionado diminui (CÂNDIDO; DE DEAR; OHBA, 2012).

### **2.2.2. Variáveis ambientais influentes na análise do conforto térmico**

De acordo com a ISO 7726 (1998), para a análise do conforto térmico pelo PMV/PPD, é necessário coletar as seguintes variáveis ambientais:

- A temperatura do ar, medida em  $^{\circ}\text{C}$ , é levada em consideração nos estudos de conforto térmico para determinar a troca de calor por convecção;
- A temperatura radiante média, medida em  $^{\circ}\text{C}$ , é a temperatura de um ambiente imaginário, no qual a transferência de calor radiante é igual à transferência de calor radiante no ambiente real não uniforme;
- A velocidade do ar, medida em m/s, é importante para a análise do conforto térmico devido à sua influência na transferência de calor por convecção e evaporação dos usuários;
- A umidade relativa do ar, expressa em %, deve ser levada em consideração pois, à medida que a temperatura ambiente sobe, as trocas de calor por convecção são dificultadas e o organismo perde calor por evaporação. Quanto maior a umidade relativa do ar, menor é a eficiência na perda de calor.

### **2.2.3. Características do grupo de estudo e influência na análise do conforto térmico**

Além das variáveis ambientais, fatores como idade, gênero, condição física, atividade metabólica e vestuário influenciam diretamente na zona de conforto térmico (DE VECHI, 2015).

Primeiramente será discorrido sobre as características fisiológicas individuais, onde se enquadram a idade, o gênero e a condição física das pessoas estudadas.

De acordo com Fanger (1970), pessoas idosas têm preferência por temperaturas mais altas quando comparadas com pessoas jovens. Fato relacionado por ele com a atividade metabólica que, de modo geral, diminui conforme as pessoas vão envelhecendo. Contudo, Parsons (2003) relaciona essa preferência com o estilo de vida das pessoas, visto que idosos tendem a realizar menos atividades físicas e possuem atraso na percepção da temperatura ambiente.

A influência do gênero também é relevante para o conforto térmico. No estudo de Fanger (1970), mesmo considerando a temperatura neutra de um grupo independente da idade, etnia e localização, notou-se que mulheres tendem a preferir a temperatura interna  $0,3^{\circ}\text{C}$  superior àquela escolhida pelos homens.

De Vecchi, Cândido e Lamberts (2012), em seu experimento sobre influência das vestimentas e preferência das estratégias de ventilação de estudantes de uma universidade, notaram diferenças consideráveis na preferência térmica de cada gênero. Neste estudo, foi constatado que pessoas do sexo feminino preferem ventilação natural ou ventilação natural combinada com ventiladores devido à insatisfação das entrevistadas com temperaturas na faixa de  $18 - 22^{\circ}\text{C}$ . Paralelamente, notou-se que os sujeitos de estudo do sexo masculino preferem o sistema de ar-condicionado.

Maykot, Rupp e Ghisi (2018) realizaram o estudo sobre a influência do gênero no conforto térmico em edificações de escritório no clima subtropical úmido de Florianópolis. Nesta pesquisa, concluiu-se que o gênero tem influência na análise do conforto térmico em edifícios tanto com sistema central de ar-condicionado quanto sistema misto de ventilação. A preferência térmica feminina foi  $1,4^{\circ}\text{C}$  maior do que a masculina, diferença considerada significativa.

Como último ponto das características fisiológicas, tem-se a análise do parâmetro de condição física individual do grupo de estudo. Para tal, é necessário utilizar um parâmetro fácil de ser coletado e que indique características de obesidade, sobrepeso, peso normal ou magreza. Por isso, o índice de massa

corpórea (IMC) é comumente utilizado (MENEGATTI; RUPP; GHISI, 2018). Mesmo não expressando perfeitamente a condição física das pessoas, visto que não diferencia massa muscular de massa de gordura, sua praticidade permite a coleta de dados de modo não invasivo nos estudos de campo.

Na análise dos dados de 85 estudos de campo em salas com sistema central de ar-condicionado e ventilação mista, Menegatti, Rupp e Ghisi (2018) concluíram que, para edificações com sistema de ar-condicionado central, conforme o IMC aumenta, os votos de preferência pelo ambiente estar mais aquecido diminuem. No caso de edificações com sistema de ventilação híbrida, observou-se o contrário.

Em relação à atividade metabólica dos ocupantes, o anexo B da norma internacional ISO 7730 (2005) estabelece valores de metabolismo para algumas atividades. A Tabela 1 mostra as possibilidades de atividades realizadas pelos entrevistados.

**Tabela 1:** Valores de metabolismo para diferentes atividades

Atividade	Metabolismo	
	W/m <sup>2</sup>	met
Reclinado	46	0,8
Sentado/relaxado	58	1,0
Atividade sedentária (escritório, laboratório, escola)	70	1,2
Em pé realizando uma atividade leve (compras, laboratório, indústria leve)	93	1,6
Em pé realizando uma atividade média (trabalho doméstico, trabalho com máquinas)	116	2,0
Caminhando em local plano	2 km/h	110
	3 km/h	140
	4 km/h	165
	5 km/h	200

Fonte: ISO 7730 (2005), anexo B

Por último, tem-se a resistência térmica ( $I_{clo}$ ) da roupa utilizada. O isolamento térmico da vestimenta é uma das variáveis de entrada mais importantes utilizadas para prever o conforto térmico dos ocupantes dentro das edificações (DE VECCHI; LAMBERTS; CANDIDO, 2017). A ISO 7730 estima o isolamento térmico para combinações usuais de vestimentas e para cada peça individual. Essa variável é medida em “clo” ou m<sup>2</sup>.K/W, sendo que 1 clo (0,155 m<sup>2</sup>.K/W) é equivalente ao isolamento térmico provido por um terno completo.

Contudo, a própria norma sugere que a atividade desenvolvida pela pessoa e a ventilação no ambiente tornam necessária uma correção no índice  $I_{clo}$ . O movimento do corpo e o vento reduzem essa resistência que pode ser corrigida por determinadas equações.

Para pessoas utilizando vestimentas leves ou normais ( $0,6 < I_{clo} < 1,4$ ), que é a mais esperada em escritórios, a correção é feita por meio da Equação 2 (ISO 7730).

$$I_{clo,r} = I_{clo} \exp[-0,281(v_{ar} - 0,15) + 0,44(v_{ar} - 0,15)^2 - 0,492v_m + 0,176v_m^2] \quad (2)$$

Onde:

$I_{clo,r}$  é a resistência térmica resultante da vestimenta (clo ou  $m^2.K/W$ );

$I_{clo}$  é a resistência térmica total da vestimenta (clo ou  $m^2.K/W$ );

$v_{ar}$  é a velocidade do ar relativa à pessoa (m/s);

$v_m$  é a velocidade em que a pessoa está caminhando (m/s).

**Tabela 2:** Valores de  $I_{clo}$  para algumas roupas

Roupa	$I_{clo}$	
	clo	$m^2.K/W$
Calcinha e sutiã	0,03	0,005
Cueca	0,03	0,005
Camiseta de baixo	0,09	0,014
Camisa de baixo com mangas compridas	0,12	0,019
Camisa manga curta	0,15	0,023
Camisa manga longa	0,25	0,039
Suéter manga longa	0,28	0,043
Jaqueta/Paletó fino	0,25	0,039
Jaqueta/Paletó grosso	0,55	0,085
Calça fina	0,2	0,031
Calça média	0,25	0,039
Meia de nylon	0,03	0,005
Sapato com sola grossa	0,04	0,006

Fonte: ISO 7730 (2005), anexo C

#### 2.2.4. Índices de conforto térmico

Dentre esses, o que mais se destaca é o modelo Voto Médio Predito/Porcentagem de Pessoas Insatisfeitas (PMV/PPD, siglas em inglês) de Fanger, publicado na década de 1970. Feito com base em estudos na América do Norte e Dinamarca no inverno e outono, respectivamente. O método em questão é utilizado na norma ASHRAE 55 (2013) (RUPP et al., 2016) e relaciona as variáveis ambientais (temperatura do ar, temperatura radiante média, velocidade do ar e umidade relativa do ar) com as variáveis humanas (vestimenta e metabolismo).

De acordo com a ISO 7730 “o método PMV/PPD é o indicador que prevê a pretensão de votos de um número significativo de pessoas levando em conta a escala de sete níveis de sensação térmica baseado no balanço térmico do corpo humano”. A Tabela 3 mostra essa escala.

**Tabela 3:** Escala sétima de PMV

+3	Muito quente
+2	Quente
+1	Levemente quente
0	Neutro
-1	Levemente frio
-2	Frio
-3	Muito frio
Fonte: ISO 7730 (2005)	

Em função dessa escala, foi adotado o índice PPD objetivando prever a insatisfação dos ocupantes. A ISO 7730 recomenda a categoria B de ambiente térmico, caracterizada pelo PPD menor que 10% e faixa do PMV de -0,5 a 0,5.

#### 2.3. Considerações finais

Neste capítulo foram apresentadas algumas definições de fachada ventilada encontradas na literatura, bem como a origem do método construtivo. A alta variação dos materiais utilizados nesse sistema denota a dificuldade de padronização da descrição do mesmo. Como visto na seção 1.1, a escolha dos materiais utilizados no sistema de fachada ventilada é fator primordial para a verificação da eficiência do método como isolante térmico.

Foram apresentados, também, pontos históricos sobre as normas de conforto térmico e possíveis interferências das características e hábitos pessoais que podem influenciar na percepção e preferência térmica das pessoas.

Nota-se que com o desenvolvimento de novos modelos, as normas de conforto térmico tendem a se tornar mais flexíveis, principalmente se tratando de locais de clima quente.



### **3. Método**

Neste capítulo é descrito o método utilizado para alcançar os objetivos desta monografia. O trabalho foi realizado por meio de estudos de campo sobre conforto térmico em salas comerciais situadas em uma edificação com ventilação híbrida e fachada ventilada. A coleta de dados foi realizada durante os meses de Agosto de 2018 a Outubro de 2018 em cinco medições de campo. Nesse processo, os ocupantes das salas responderam, voluntariamente, aos questionários sobre conforto térmico enquanto medições microclimáticas foram realizadas.

Os formulários preenchidos pelos usuários foram transferidos para planilhas eletrônicas com o intuito de otimizar a análise dos dados. É relevante considerar que a pesquisa foi realizada com ocupantes em condições normais de saúde, portanto respostas em que os mesmos se consideravam doentes não foram compiladas. Além disso, todos os entrevistados não possuíam a obrigação de utilizarem uniforme, cabendo a eles a livre escolha da vestimenta.

#### **3.1. Características climáticas de São José/SC e região no período da coleta de dados**

O Atlas Escolar de Santa Catarina (SEPLAN, 1991) explica que os sistemas atmosféricos atuantes no Sul do Brasil dependem da ação de massas de ar intertropicais (quentes) e polares (frias). A Massa Tropical Atlântica (MTA) se destaca na primavera e no verão, possuindo elevada temperatura e forte umidade. Por outro lado, a Massa Polar Atlântica (MPA), que se apresenta no outono e no inverno, caracteriza-se por temperaturas baixas. Segundo SEPLAN (1991), o sistema de Köppen classifica o clima do litoral de Santa Catarina como Cfa, ou seja, mesotérmico úmido, sem estação seca definida e de verão quente.

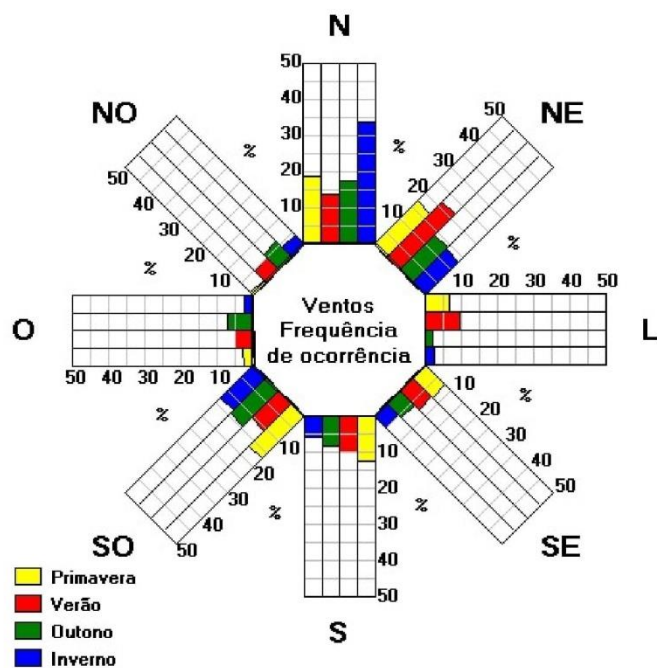
De acordo com a NBR 15220-3 (2005), que confere diretrizes construtivas para cada uma das oito zonas bioclimáticas que compõem o território brasileiro, a região de Florianópolis se encontra na Zona Bioclimática de número três. Para essa região são recomendadas aberturas para ventilação de tamanho médio e sombreadas, de modo a permitir luz solar direta no inverno.

O percentual de necessidade de sombreamento na região de Florianópolis durante o ano, de acordo com a Carta Bioclimática gerada pelo programa Analysis-

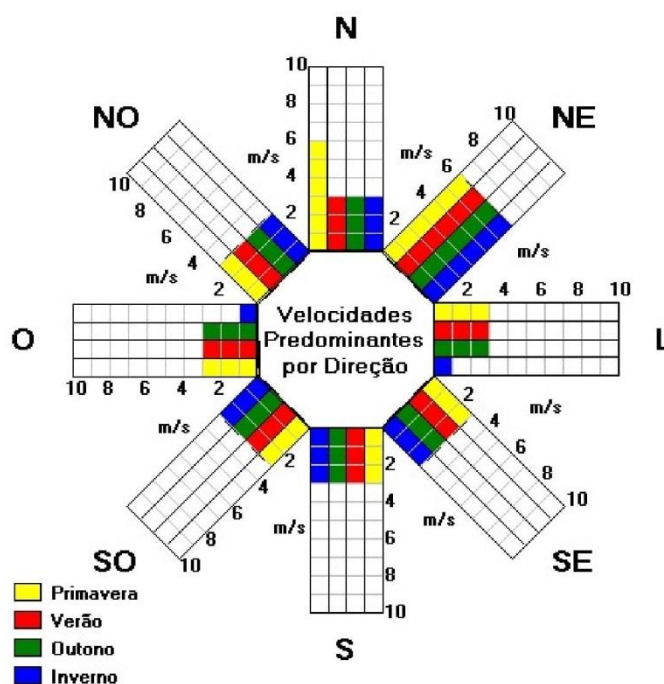
BIO, é de 69,9. Tal necessidade não se aplica ao ano inteiro, visto que o inverno da cidade é mais frio e o sol se torna importante fonte de calor nesse período.

Por meio da rosa dos ventos indicada na Figura 4, nota-se que os ventos em Florianópolis têm as maiores velocidades predominantes na orientação nordeste, durante quatro estações, e norte, durante a primavera. Os ventos provenientes do quadrante sul são consideravelmente relevantes, pois estão associados às massas de ar polar marítimo do Atlântico e representam a entrada de frentes frias. As orientações que possuem maior frequência de ocorrência são: norte, nordeste e sudoeste, das quais o vento do quadrante norte se destaca no inverno; e o nordeste, no verão.

**Figura 4:** Rosa dos ventos da (a) frequência de ocorrência dos ventos para cada estação do ano com diferentes orientações e das (b) velocidades médias predominantes do ar



(a)



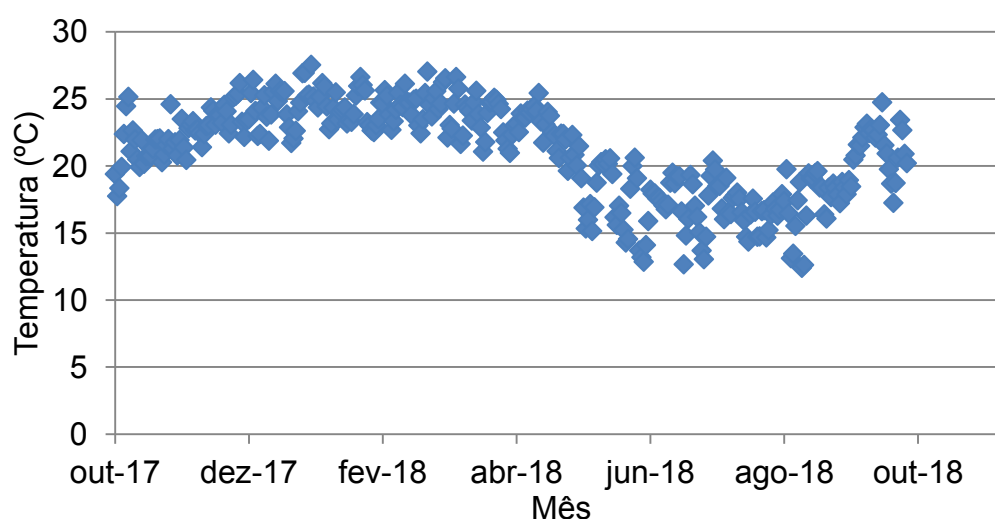
(b)

Fonte: Programa Analysis SOL-AR (LabEEE) utilizando o arquivo climático de Florianópolis

Para a análise do conforto térmico, foi necessário obter as variáveis ambientais externas. Com a proximidade da estação climática do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET) em São José, tornou-se fácil a aquisição dessas informações. A estação realiza os registros em intervalos de uma hora, indicando as médias, máximas e mínimas referentes à temperatura e umidade relativa do ar e também médias e rajadas do vento, incluindo sua orientação.

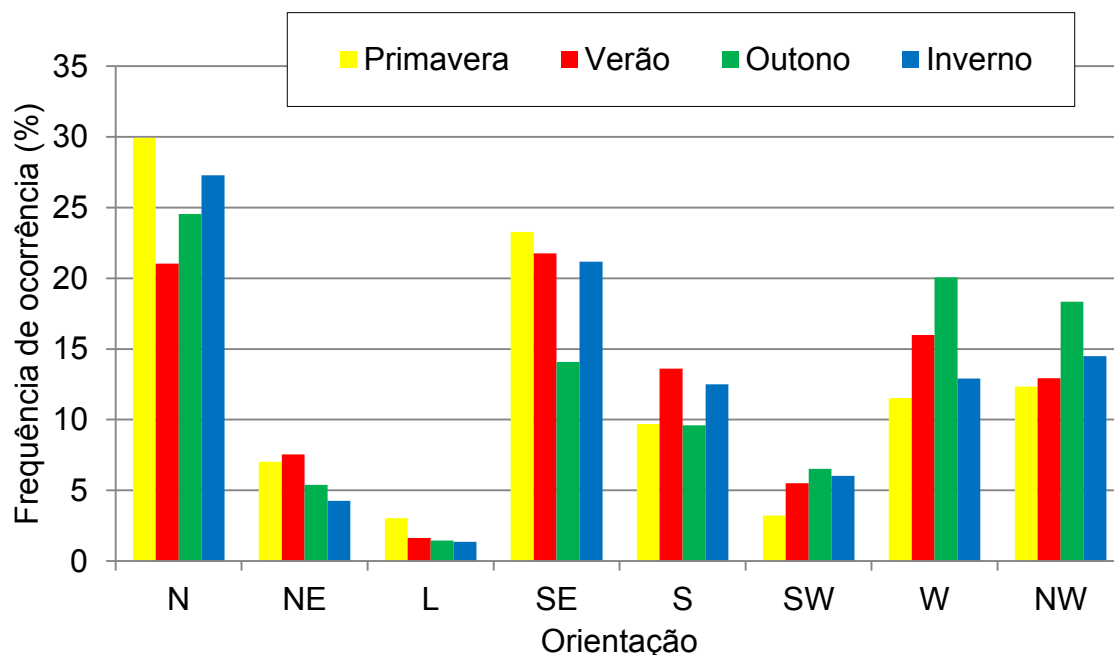
A Figura 5 mostra as temperaturas médias diárias para o período de outubro/2017 até outubro/2018, indicando que não houve anomalias no período próximo à realização deste trabalho, portanto a pesquisa não foi realizada em um período extraordinário em termos de temperatura. Cada ponto registrado corresponde à média de um dia.

**Figura 5:** Temperaturas médias diárias para o período de outubro/2017 a outubro/2018



Para o mesmo período considerado na Figura 5, foi elaborada a rosa dos ventos (Figura 6) com formato diferente da Figura 4. Nota-se certa discrepância entre os dados obtidos na estação meteorológica do INMET na cidade de São José e a rosa dos ventos gerada pelo arquivo climático histórico de Florianópolis. O vento de orientação Nordeste aparece com baixa frequência até mesmo no verão, sendo que, de acordo com a rosa dos ventos da Figura 4.a, deveria ser predominante.

**Figura 6:** Frequência de ocorrência do vento de acordo com cada orientação no período de outubro/2017 a outubro/2018

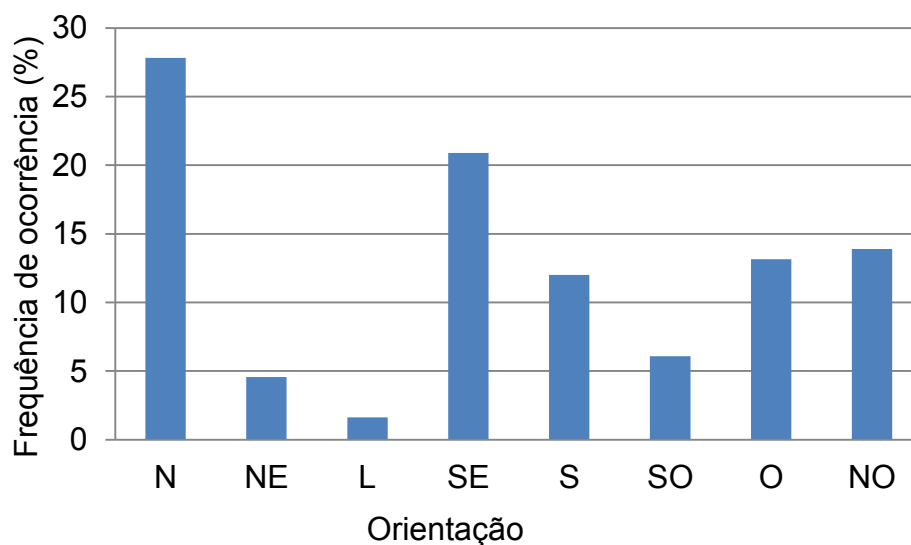


Os dados apresentados a seguir são referentes ao período de Julho a Outubro de 2018.

A Figura 7 representa a frequência de ocorrência do vento nas direções indicadas para o período estudado. Seus dados apresentados são similares aos da rosa dos ventos apresentada na Figura 4.a, apenas com leiaute diferente.

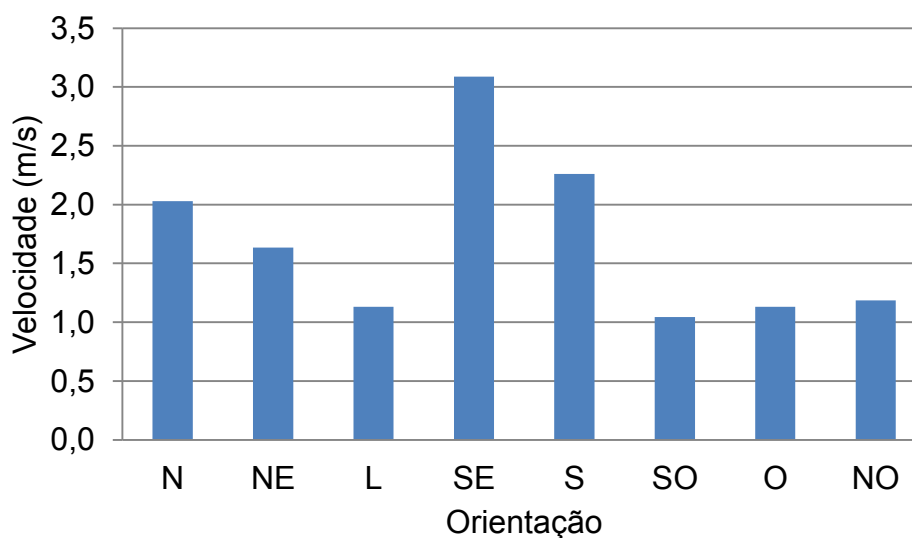
Durante o período estudado, notou-se que o vento de orientação Norte ocorreu com maior frequência (27,8%), como era esperado para essa época do ano. Contudo, observou-se que o vento nas direções Nordeste e Sudoeste que, de acordo com a Figura 4.a, deveriam ter frequência significativa no período estudado, tiveram poucos registros. Ocorreu diferença relevante na frequência de acontecimento do vento com orientação Sudeste, visto que foi o segundo mais frequente (20,9%).

**Figura 7:** Frequência de ocorrência do vento para diferentes orientações no período estudado



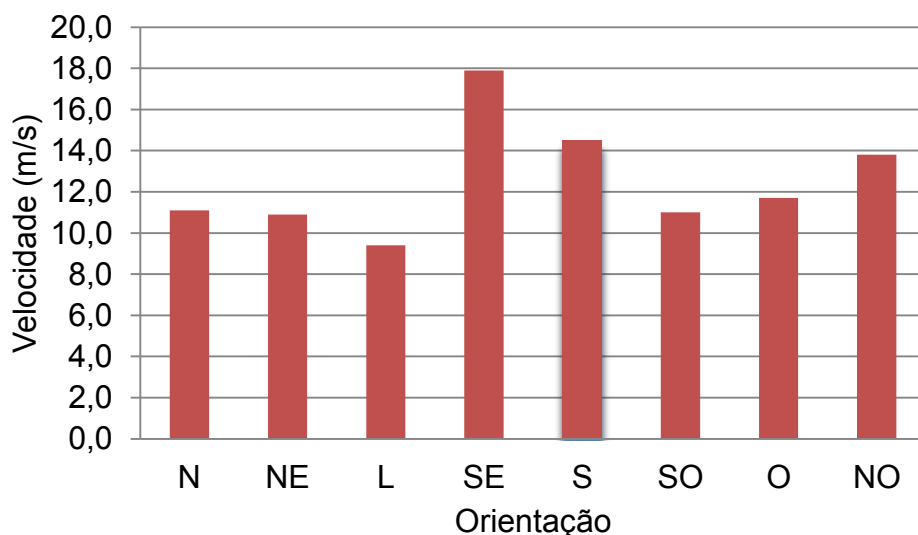
Além da frequência de ocorrência das direções, também são apresentadas as velocidades médias e das rajadas para cada direção. A Figura 8 mostra que, segundo os dados coletados, a direção Sudeste possui maior média, sendo esse valor muito próximo ao registro da rosa dos ventos mostrada na Figura 4.b. Para as outras direções, as velocidades médias registradas estão abaixo do esperado, com ênfase na direção de Nordeste, que apresenta a maior diferença.

**Figura 8:** Velocidade média do vento para diferentes orientações no período estudado



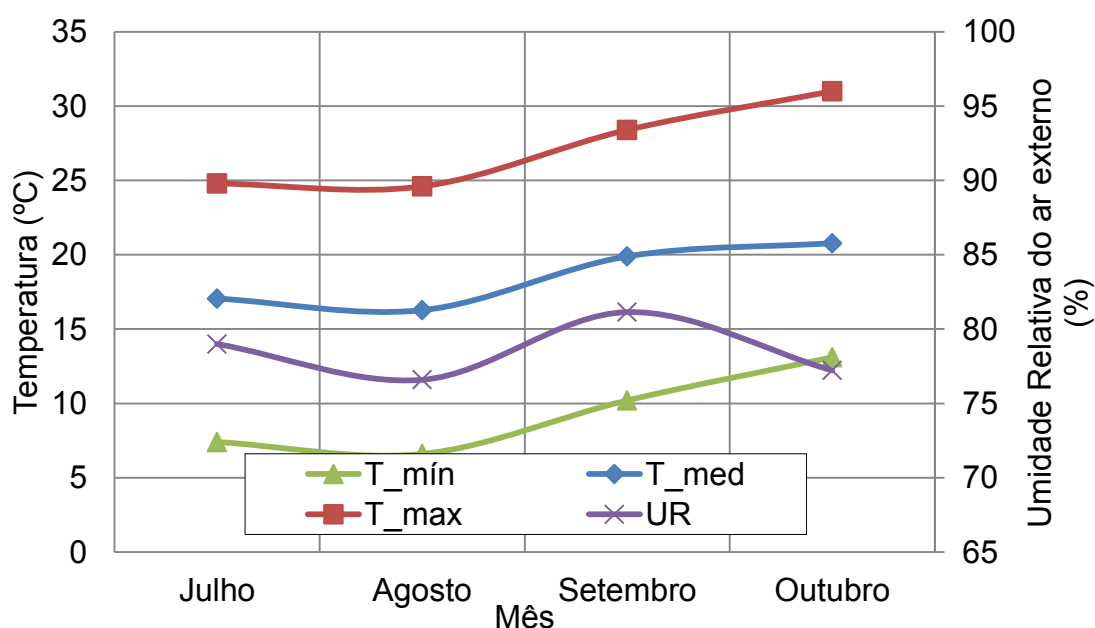
A Figura 9 mostra as velocidades das rajadas para cada orientação, destacando as orientações Sudeste e Sul com as maiores intensidades.

**Figura 9:** Velocidade das rajadas para diferentes orientações no período estudado.

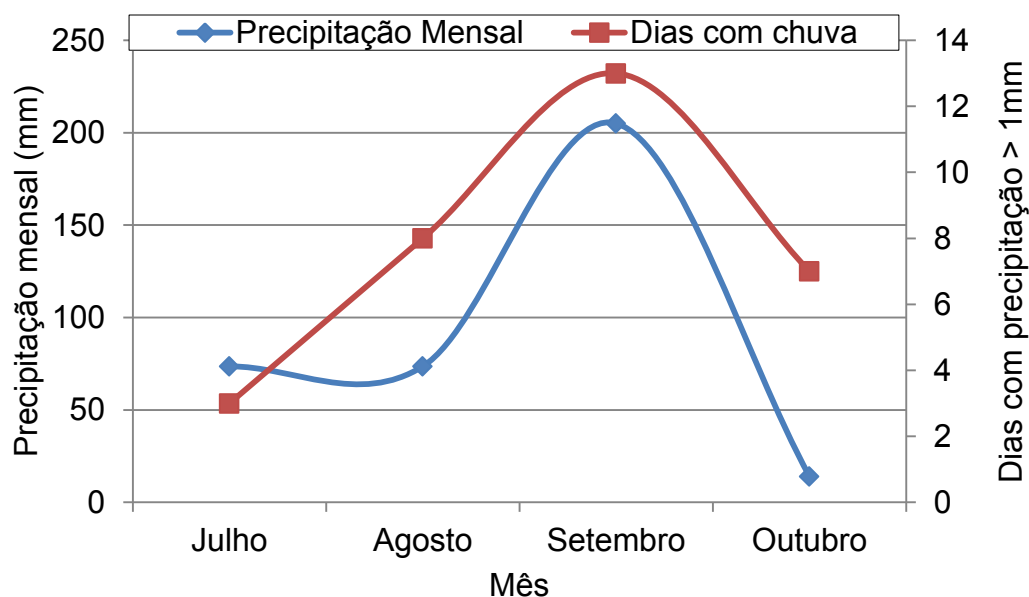


A Figura 10 mostra as médias, máximas e mínimas para a temperatura e para a umidade relativa do ar durante o período estudado. Conforme esperado, com a mudança da estação de inverno para primavera, a média da temperatura do ar externo aumentou, chegando a registrar máxima de 31°C no mês de outubro. Os registros de umidade relativa do ar externo não mostram grandes variações, o que já era esperado, visto que a cidade de São José é litorânea com médias mensais próximas a 80% durante o ano inteiro.

**Figura 10:** Temperaturas máximas, médias e mínimas mensais e umidade relativa média mensal do ar externo no período de coleta de dados para São José



**Figura 11:** Precipitação mensal e quantidade de dias com precipitação maior do que 1 mm



### 3.2. Salas comerciais estudadas

Para a realização deste trabalho, doze empresas situadas em um edifício comercial com fachada ventilada no bairro Campinas, São José/SC foram contatadas. Dentre elas, cinco aceitaram participar da pesquisa, porém por incompatibilidade de horários ou atividades desenvolvidas nas salas, duas foram descartadas. As três empresas utilizadas para coleta de dados operam com sistema de ventilação híbrida.

O edifício estudado tem formato retangular, sendo que suas fachadas são da técnica construtiva de fachada ventilada, possuindo isolamento de lã de rocha e revestimento externo cerâmico, conforme descrito na subseção 2.1. A Figura 12 mostra a fachada do edifício estudado.



**Figura 12:** Edifício estudado



Como condição para realização deste trabalho, foi acordado com as empresas que todas as informações são sigilosas, devido a isso, as salas não serão identificadas pelo sistema de numeração do edifício, apenas serão denominadas por S1, S2 e S3.

A sala S1 é considerada uma sala de canto, tendo fachadas voltadas para leste e sul. Como atividade principal, tem-se o desenvolvimento de *software*, portanto os usuários encontram-se na maior parte do tempo sentados digitando. Nela, encontram-se quinze funcionários ao todo.

Em frente à fachada sul da sala, encontra-se a outra torre do condomínio. Essa torre pode influenciar no conforto térmico humano na sala, pois existe a possibilidade da sua presença afetar as correntes de vento, apesar de não afetar a região de sombra visto que não havia incidência solar na mesma durante o período de estudo. Na fachada leste não há edificações que causam sombreamento.

Todas as janelas externas possuem o sistema de persiana vertical interna, permitindo que o usuário controle a abertura desse sistema de acordo com suas

preferências. Notou-se que em todos os dias de medições as janelas da fachada leste se encontravam com a persiana completamente fechada. Além disso, os vidros possuem película interna.

A sala S1 possui dois aparelhos de ar-condicionado do tipo *Split*, sendo que as condensadoras se encontram no *shaft* técnico ao lado da sala e não sofrem incidência solar.

A sala S2 possui fachadas em duas orientações, leste e norte. A atividade desenvolvida nessa sala é a análise de documentos em computadores e algumas vezes clientes comparecem pessoalmente para serem atendidos. Nela, encontram-se dois usuários constantes e dois usuários que não estavam presentes nas coletas de dados.

Todas as edificações ao redor têm característica de baixa altura, e durante o período de coleta de dados, não havia sombreamento na sala.

Existe na sala um aparelho de ar-condicionado do tipo *Split*, onde a condensadora se encontra na laje técnica norte e não sofre incidência solar. Todas as fachadas possuem aberturas e sistema de persiana vertical, sendo que ambos podem ser controlados pelos ocupantes.

Similar às duas salas anteriores, a sala S3 também possui duas fachadas com diferentes orientações, sendo elas oeste e sul. Como atividade principal, os usuários realizam atendimentos por telefone e desenvolvimento de *software*. Aproximadamente quinze pessoas trabalham nessa sala.

Semelhante à sala S1, em frente à fachada sul se encontra a outra torre do condomínio sem ocasionar em sombreamento, apenas influência do vento. Apesar da presença de edifícios localizados na fachada oeste, não foi verificada a ocorrência de sombreamento na sala causado por eles.

A sala possui sistemas de ventilação e refrigeração iguais aos da sala S1, dois aparelhos do tipo *Split* com condensadoras posicionadas no *shaft* técnico.

### **3.3. Questionário aplicado**

Para a coleta dos dados relacionados às sensações e preferências dos ocupantes, foi utilizado um questionário (Apêndice) baseado no questionário eletrônico desenvolvido por Karran Besen, Renata de Vecchi e Ricardo Forgiarini Rupp, pesquisadores do Laboratório de Eficiência Energética em Edificações da

UFSC. As coletas foram realizadas em cinco dias, espaçados quinzenalmente, em todas as salas.

O questionário aplicado consiste em três etapas de perguntas, relativas à identificação, aos hábitos e ao conforto térmico dos entrevistados, aplicadas em duas sequências de perguntas.

A primeira etapa, aplicada uma vez a cada dia, na primeira sequência de perguntas, consiste em questões relativas à identificação da sala e do entrevistado, como características antropométricas (peso e altura), idade, gênero, estado de saúde no momento da resposta e vestimenta.

A segunda etapa, aplicada somente no primeiro dia que o ocupante respondeu ao questionário, é relacionada à rotina de trabalho, conhecimento sobre fachadas ventiladas e hábitos em relação ao modo de condicionamento e histórico térmico.

A terceira etapa, aplicada nas duas sequências de perguntas - momento inicial e após 90 minutos, consiste em questões relativas à sensação térmica, preferência térmica, aceitabilidade térmica, conforto térmico, ventilação ambiente e considerações extras por parte dos entrevistados. A Tabela 4 apresenta as escalas utilizadas nas questões aplicadas nesta parte.

**Tabela 4:** Escala utilizada para as questões do questionário

Escala	Sensação térmica	Preferência térmica	Aceitabilidade térmica	Conforto térmico	Aceitabilidade da ventilação ambiente
3	Com muito calor	-	-	-	-
2	Com calor	-	-	-	Aceitável, velocidade alta
1	Levemente com calor	Mais resfriado	Ligeiramente aceitável	Desconfortável por calor	Aceitável, velocidade suficiente
0	Neutro	Continuar desse jeito	Aceitável	Confortável termicamente	Aceitável, velocidade baixa
-1	Levemente com frio	Mais aquecido	Ligeiramente inaceitável	Desconfortável por frio	Inaceitável, menos ventilação
-2	Com frio	-	Inaceitável	-	Inaceitável, mais ventilação
-3	Com muito frio	-	-	-	-

Devido a não aceitação de questionários eletrônicos pelas empresas, tornou-se necessário que o preenchimento do questionário fosse realizado por escrito pelos entrevistados, gerando a necessidade de maior controle do pesquisador em relação ao momento da aplicação. Foi mantido um padrão de horário de aplicação, sendo que no período da manhã seu início era às 10h e no período da tarde às 14h. O início do preenchimento era dado pelo próprio pesquisador, sendo que poderia ocorrer atraso de um minuto entre a primeira e a última sala.

Depois da primeira sequência de perguntas, os usuários continuavam suas tarefas normalmente durante o período de 90 minutos, até o pesquisador voltar às salas para autorizar o início da segunda etapa. Foi explicada aos usuários a importância do preenchimento do questionário no momento em que era feita a demanda pelo pesquisador, porém, percebeu-se que alguns entrevistados demoravam até 5 minutos para começar o preenchimento devido às suas atividades.

Ao término do procedimento, o pesquisador passava nas salas para recolher o questionário e, posteriormente, eram feitos o tratamento e compilação dos dados.

Considerando a escala apresentada na Tabela 4, o procedimento de aplicação das perguntas se dava da seguinte forma:

- A primeira sequência de perguntas inclui as três partes do questionário, sendo que a segunda parte, conforme dito anteriormente, foi aplicada somente no primeiro dia que o ocupante respondeu ao questionário. Nas medições seguintes não houve aplicação dessa parte, visto que, para o pequeno intervalo de tempo em que ocorreram as medições, não se espera que os entrevistados tenham mudanças bruscas nos hábitos e na rotina de trabalho;
- A segunda sequência de perguntas era realizada 90 minutos após o início da primeira sequência. Os entrevistados responderam perguntas da parte três com o adicional da pergunta sobre a troca de vestimenta no decorrer desse período e se houve alguma atividade fora da rotina de trabalho, como, por exemplo, deixar o posto por um período superior a cinco minutos.

### **3.4. Método de coleta de dados**

Simultaneamente ao processo de aplicação do questionário aos entrevistados, foram feitas medições de variáveis ambientais nos locais de estudo.

Para obtenção das temperaturas externas, velocidade do vento e outros dados climáticos, foram utilizados os dados fornecidos pela estação meteorológica

do INMET – Instituto Nacional de Meteorologia, localizada na própria cidade de São José a 1,1 km de distância do edifício em que ocorreram as medições.

#### **3.4.1. Instrumentação e procedimento de campo**

A coleta das variáveis ambientais internas (temperatura do ar, temperatura de globo, umidade relativa e velocidade do ar) foi feita por meio de estações microclimáticas SENSU (confortímetros) desenvolvidas pelo LMPT – Laboratório de Meios Porosos e Propriedades Termofísicas da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC). A Figura 13 mostra um dos confortímetros utilizados.

**Figura 13:** Estação microclimática SENSU



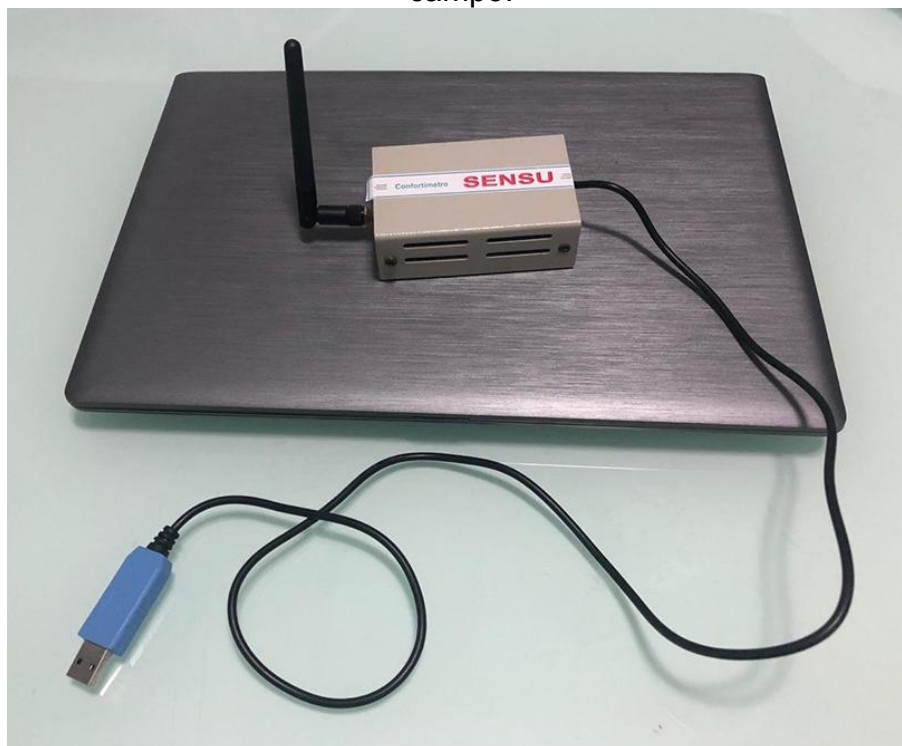
As estações microclimáticas são compostas por sensor de temperatura de globo (esfera metálica preta fosca com 15 cm de diâmetro), sensor de temperatura de bulbo seco, termoanemômetro omnidirecional e sensor de umidade relativa do tipo capacitivo.

Os dados registrados são enviados por sinal de rádio para um receptor conectado a um computador portátil via USB. Devido a isso, tornou-se necessário posicionar o receptor dentro da área de alcance do sinal de rádio, fato que acabou

dificultando a coleta de dados em algumas salas. As informações foram processadas por um programa computacional, desenvolvido pelo próprio LMPT, e salvas em arquivo de texto, permitindo a fácil exportação dos dados para planilhas eletrônicas. A frequência com que o programa registra os dados pode ser escolhida pelo pesquisador e ajustada no mesmo, sendo que, para esse trabalho, foi escolhido realizar o registro a cada minuto.

Devido à capacidade do programa em armazenar dados de vários confortímetros separadamente, foi possível utilizar três estações microclimáticas ao mesmo tempo. A Figura 14 mostra o receptor e o computador portátil utilizados nas coletas de dados.

**Figura 14:** Receptor de dados e computador portátil utilizados na pesquisa em campo.



Foram utilizados, também, sensores HOBO para medições de longa duração. Esses medidores foram posicionados em locais centrais das salas, na altura da mesa de trabalho dos ocupantes onde permaneceram registrando os dados do dia 17/08 ao dia 15/10. Os aparelhos são alimentados por uma bateria interna e, por isso, sua capacidade foi verificada antes do início das medições de campo. Por meio do programa HOBOWare foi possível escolher o intervalo de registro dos HOBOS, sendo escolhido o intervalo de quinze em quinze minutos.



A calibração dos sensores HOBO para a temperatura foi feita por meio do sensor de referência do tipo termoresistor, com faixa de medição de zero a 90°C, resolução de 0,1°C, incerteza de 0,2°C e intervalo de confiança de 95%. Para calibração da umidade relativa foi utilizado o sensor de referência do tipo capacitivo, marca Honeywell, com faixa de medição de cinco a 98% e incerteza de 3%.

O procedimento de calibração, iniciado às 13h50min e finalizado às 15h55min, foi feito em duas etapas com registros de temperatura e umidade do ar realizados de cinco em cinco minutos. Na primeira, foram fechadas todas as aberturas da sala utilizada e o aparelho de ar-condicionado foi previamente ligado na temperatura mínima e velocidade de ventilação máxima. Pelo período de uma hora foram registrados dados tanto do HOBO quanto do sensor de referência. Na segunda etapa, o aparelho de ar-condicionado foi desligado, as janelas foram abertas e os sensores continuaram a registrar os dados por mais uma hora. Como os sensores de referência não possuíam armazenamento de dados, a leitura foi feita pelos pesquisadores e registrada manualmente. A Figura 15 mostra a disposição do sensor de referência ao centro e dos HOBOs ao seu redor.

**Figura 15:** Disposição do sensor de referência e dos HOBOs no processo de calibração.



Por meio desse processo, verificou-se a necessidade de desenvolver uma equação para a correção da temperatura. Essa equação é uma regressão linear adaptada do método descrito por Barbosa, Lamberts e Guths (2008). Foram escolhidas as temperaturas registradas nos instantes 14h40min e 15h40min

(período com ar-condicionado ligado e ventilação natural, respectivamente) para realizar a regressão linear. A Equação 3 mostra a correção necessária a ser aplicada.

$$C = 0,895 * T_H - 1,7398 \quad (3)$$

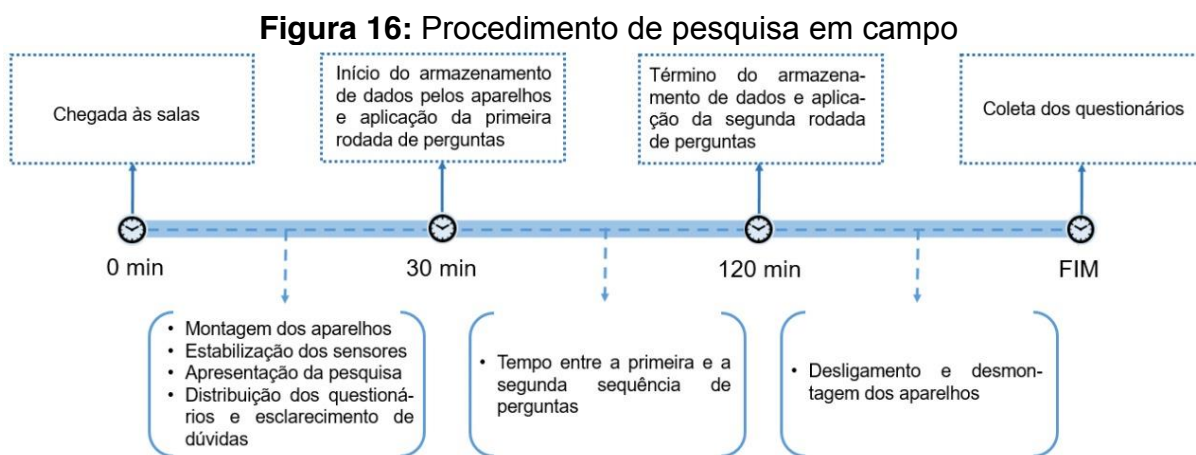
Onde:

C é a correção a ser feita para cada temperatura (°C);

T<sub>H</sub> é a temperatura do ar registrada pelo HOBO (°C).

O procedimento de campo para coletar variáveis ambientais e aplicar o questionário durava duas horas. Nos 30 minutos iniciais ocorriam a montagem e estabilização dos aparelhos, distribuição dos questionários, apresentação da pesquisa e esclarecimento de dúvidas. Posteriormente, iniciava-se o armazenamento de dados dos sensores e a primeira rodada de perguntas. Ao fim do experimento, uma hora e meia após o início do armazenamento de dados, a segunda rodada de perguntas era preenchida e os aparelhos eram desligados.

A Figura 16 resume graficamente o procedimento realizado.



### 3.4.2. Análise dos dados

Depois da devida compilação das respostas e dados ambientais coletados, foram utilizados procedimentos estatísticos para resumir e representar suas frequências de ocorrência e variabilidades (desvio padrão, valores médios, mínimos e máximos). Com isso, notou-se a ocorrência de erros de registro por parte dos aparelhos, como umidade relativa do ar acima de 100% e temperatura do ar interno



acima de 300°C. Devido ao uso de dois tipos de aparelhos para coleta dos dados ambientais, foi possível excluir os registros errôneos e realizar a substituição adequada desses dados.

Foram verificados potenciais erros referentes às respostas dos entrevistados, como as respostas de vestuário, que em sua maioria não possuíam o registro do uso de meias. Conforme observado em campo, esses dados não estavam de acordo com a realidade, por isso foi escolhido adicionar essa peça de roupa nas respostas dos entrevistados.

As respostas subjetivas de cada entrevistado foram combinadas com as condições ambientais registradas no momento da resposta e, por meio da calculadora *online* CBE *Thermal Comfort Tool*, desenvolvida pela Universidade da Califórnia em Berkeley de acordo com a norma ASHRAE 55 (2017), foi possível obter os índices PMV, PPD e SET\*.

A temperatura média predominante do ar externo é calculada utilizando a ponderação das temperaturas médias diárias dos últimos dias. O valor é obtido por meio da fórmula descrita pela ASHRAE 55, considerando o intervalo de sete até 30 dias anteriores ao dia da medição. Além disso, a norma recomenda valores de  $\alpha$  entre 0,9 (regiões tropicais úmidas) e 0,6 (climas de média latitude). Para esse trabalho, foram consideradas as médias diárias dos últimos sete dias, além do valor 0,6 para a constante  $\alpha$ . Com essas considerações, utilizou-se a Equação 4.

$$T_{MPA(ext)} = (1 - \alpha) \cdot [t_{e(d-1)} + \alpha \cdot t_{e(d-2)} + \alpha^2 t_{e(d-3)} + \dots + \alpha^6 t_{e(d-7)}] \quad (4)$$

Onde:

$T_{MPA(ext)}$  é a temperatura média predominante do ar externo considerando o período dos últimos sete dias (°C);

$\alpha$  é a constante (adotado 0,6) (adimensional);

$t_{e(d-1)}$  é a temperatura média do ar no dia anterior da medição (média aritmética dos valores horários registrados pela estação climática do INMET em São José) (°C);

$t_{e(d-2)}$  é a temperatura média do ar dois dias antes da medição (°C), e assim por diante.

A temperatura de conforto foi calculada pelo método de Griffiths (Equação 5) devido ao baixo número de votos. Nesse caso, calculou-se a temperatura de conforto para cada voto.

$$T_{conf} = T_o - \frac{VST}{G} \quad (5)$$

Onde:

$T_{conf}$  é a temperatura de conforto pelo método de Griffiths (°C);

$T_o$  é a temperatura operativa interna (°C);

VST é o voto de sensação térmica de cada usuário (escala sétima de sensação térmica) (adimensional);

G é a constante de Griffiths (adotado 0,5) (°C<sup>-1</sup>).

As análises dos votos dos usuários levaram em conta a condição física dos ocupantes por meio do índice de massa corpórea (IMC). Como mostra a Equação 6, esse índice é calculado a partir da razão entre a massa (kg) e o quadrado da altura (m) do entrevistado.

$$IMC = \frac{m}{h^2} \quad (6)$$

Onde:

IMC é o índice de massa corpórea;

m é a massa do entrevistado (kg);

h é a altura do entrevistado (m).

A partir do índice encontrado, os ocupantes foram classificados de acordo com as classes apresentadas na Tabela 5, baseada na classificação estabelecida pela Organização Mundial da Saúde (OMS) para pessoas acima de 20 anos (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2018).

**Tabela 5:** Classificação do IMC

Classificação	IMC (kg/m <sup>2</sup> )
Abaixo do peso	<18,5
Normal	18,5 até 24,9
Sobrepeso	25,0 até 29,9
Obesidade	≥ 30,0

## 4. Resultados

O total de 159 questionários foi coletado em três salas comerciais de ventilação mista na cidade de São José/SC, os quais foram utilizados, junto às variáveis ambientais, para calcular índices de conforto térmico. Cada questionário registrou o voto de sensação térmica e vestimenta dos usuários em dois instantes, sendo que, dentre os mesmos, 81% foram coletados enquanto as salas operavam com sistema de ventilação natural e 19% com sistema de refrigeração por aparelhos de ar-condicionado. A pesquisa envolveu 35 usuários que participaram respondendo ao questionário de conforto térmico (Apêndice).

### 4.1. Variação da temperatura do ar interno e externo para o período estudado

Durante o período de medição, os aparelhos do tipo HOBO coletaram dados da temperatura interna de cada sala. A Tabela 6 mostra os resultados obtidos dos sensores e da temperatura do ar externo.

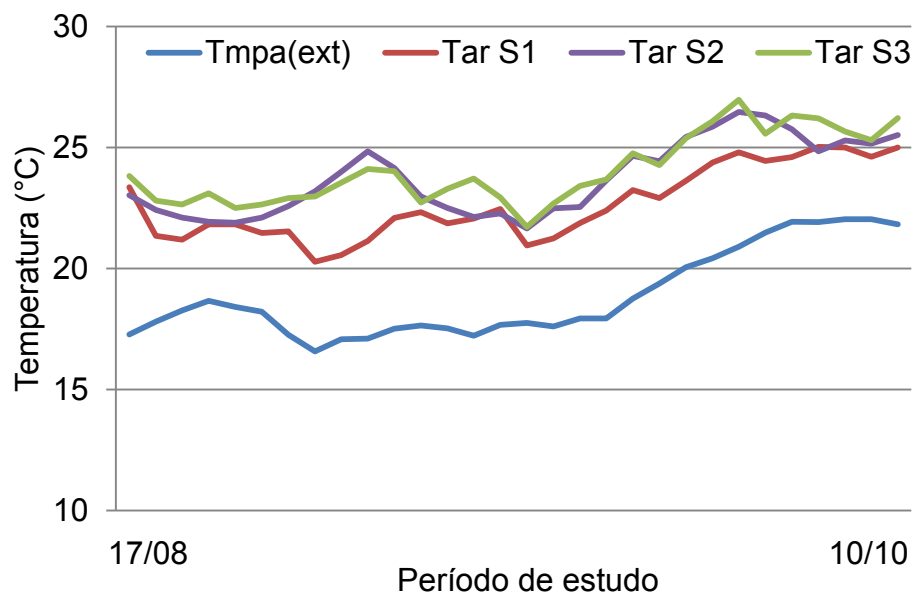
**Tabela 6:** Temperatura do ar interno e externo durante o período de agosto/2018 a outubro/2018

Temperatura do ar (°C)	Sala			Temperatura do ar externo (°C) (n=2513)
	S1 (n=4316)	S2 (n=4316)	S3 (n=4316)	
Temperatura média	22,9	23,7	23,9	18,5
Temperatura máxima	30,6	31,2	30,4	32,0
Temperatura mínima	18,3	20,7	20,2	6,6
Desvio padrão	1,7	1,4	1,6	3,6

Nota-se, na Tabela 6, a grande variação da temperatura ao longo do período estudado, principalmente no caso da temperatura do ar externo, mesmo sem a edificação apresentar sistema de aquecimento artificial. Devido à inércia térmica da edificação e à baixa frequência de dias com temperaturas abaixo de 10°C, as temperaturas mínimas das salas e do ar externo apresentaram grande diferença.

Com os dados meteorológicos horários, fornecidos pela estação climática do INMET em São José, foi possível calcular a temperatura média predominante do ar externo ( $T_{MPA(ext)}$ ), representada na Figura 17 junto ao registro das médias diárias de temperatura do ar interno das salas ao longo do período de estudo.

**Figura 17:** Temperatura média predominante do ar externo e média diária da temperatura do ar interno das salas ao longo do período de estudo



#### 4.2. Variáveis ambientais internas e externas, respostas dos ocupantes e índices de conforto térmico calculados

Para a análise do conforto térmico, diversos dados microclimáticos foram coletados e calculados. Com as variáveis ambientais (temperatura do ar (Tar), temperatura de bulbo seco, velocidade do ar (Var) e umidade relativa (UR)) registradas pelos aparelhos foi possível calcular a temperatura radiante média, a temperatura operativa (To) e o índice de temperatura efetiva padrão corrigido (SET\*).

Depois da compilação, análise e cálculos com os dados coletados pelos aparelhos e questionários respondidos pelos entrevistados, obtiveram-se as variáveis ambientais, as características dos ocupantes, a sensação térmica e os índices de conforto térmico. A Tabela 7 resume os dados das coletas de campo.

**Tabela 7:** Resumo das variáveis ambientais internas e externas durante as coletas de dados, respostas dos usuários e índices calculados

Sala		S1		S2		S3	
Variáveis (médias)		Modo de operação		Modo de operação		Modo de operação	
		VN	AC	VN	AC	VN	AC
		n=123	n=30	n=10	n=3	n=122	n=30
Interna	To (°C)	23,35	23,67	23,05	23,73	22,39	22,47
	Var (m/s)	0,23	0,16	0,08	0,08	0,05	0,07
	UR (%)	63,45	62,37	72,47	73,73	69,97	70,10
Externa	T <sub>MPA(ext)</sub> (°C)	18,27	19,66	18,27	19,66	18,27	19,66
Variáveis humanas	Metabolismo (met)	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10
	Vestimenta (clo)	0,55	0,52	0,64	0,49	0,57	0,51
Respostas dos usuários	Sensação térmica	0,20	-0,26	0,13	0,50	0,12	-0,19
	Preferência	-0,14	0,28	0,00	-0,50	0,01	0,50
	Aceitabilidade	0,23	0,26	0,06	0,50	0,29	0,35
	Conforto térmico	0,07	-0,09	0,00	0,00	0,03	-0,13
Índices calculados	Griffiths T <sub>conf</sub> (°C)	22,94	24,22	22,50	22,68	22,75	23,92
	PMV	-0,33	-0,60	-0,29	-0,24	-0,46	-0,63
	PPD	14,31	11,20	9,63	8,50	16,62	16,70
	SET*	22,97	23,33	24,23	24,07	23,33	23,09

Nota-se que no modo de climatização por ar-condicionado, os entrevistados das salas S1 e S3 relataram sentir mais frio do que no modo de climatização por ventilação natural. Quando observada a temperatura operativa das salas, nota-se que as maiores médias foram registradas no modo de climatização por ar-condicionado, porém a diferença não é significativa.

#### 4.2.1. Variáveis ambientais

A respeito das variáveis ambientais, a Tabela 8 mostra a variabilidade dos dados microclimáticos registrados pelos aparelhos de medição durante as coletas de campo em momentos de ventilação natural e de refrigeração por aparelho de ar-condicionado.

Nota-se que a temperatura do ar e a temperatura operativa, por menor que seja a diferença, tiveram médias registradas superiores quando os aparelhos de ar-condicionado estavam ligados, fato que não seria o esperado. Isso pode ter ocorrido devido ao aumento significativo da temperatura do ar externo ao longo da manhã e a falta de capacidade dos aparelhos de ar-condicionado em suprir a demanda de carga térmica.

De acordo com os dados coletados, a umidade relativa do ar interno não apresentou correlação com o modo de climatização utilizado. Porém, notou-se que o desvio padrão é menor no modo de operação por aparelhos de ar-condicionado. Isso pode ter relação com o fato de que essa estratégia de climatização foi registrada apenas em 19% das respostas fornecidas pelos usuários.

A velocidade do ar interno também não teve grandes variações. Apenas a sala S1 no modo de ventilação natural registrou alta velocidade para ambiente interno. Contudo, deve-se ressaltar que no primeiro dia de medição ocorreram erros de registro por parte das estações microclimáticas, podendo esse ser o motivo desse registro de máxima.

**Tabela 8:** Variáveis climáticas durante as coletas de questionários

Sala		S1		S2		S3	
Variáveis		Modo de operação		Modo de operação		Modo de operação	
		VN	AC	VN	AC	VN	AC
Tar (°C) (n=600)	Média	23,76	23,79	22,89	23,99	22,42	22,54
	Máxima	24,95	29,57	24,91	25,04	24,12	26,62
	Mínima	23,01	23,30	20,86	22,80	20,86	21,85
	Desvio padrão	1,94	1,78	1,17	1,12	1,02	0,96
UR (%) (n=600)	Média	63,48	62,37	72,48	73,73	69,74	70,10
	Máxima	78,92	70,16	77,49	77,76	76,96	75,66
	Mínima	53,47	53,55	63,89	70,29	63,89	64,55
	Desvio padrão	5,32	3,98	3,76	2,46	2,09	1,83
Var (m/s) (n=600)	Média	0,23	0,16	0,08	0,08	0,05	0,07
	Máxima	0,76	0,27	0,19	0,16	0,15	0,17
	Mínima	0,01	0,01	0,00	0,02	0,00	0,00
	Desvio padrão	0,08	0,07	0,03	0,02	0,03	0,02
To (°C) (n=600)	Média	23,35	23,67	23,05	23,73	22,39	22,47
	Máxima	24,95	26,47	24,89	24,98	23,99	26,03
	Mínima	22,73	21,33	22,70	22,84	22,39	22,33
	Desvio padrão	1,27	1,23	1,11	1,11	1,81	1,76
T <sub>conf</sub> Griffiths (°C) (n=318)	Média	22,94	24,22	22,50	22,68	22,75	23,92
	Máxima	25,98	26,05	24,88	22,88	25,98	26,88
	Mínima	19,98	21,28	19,73	22,58	19,98	20,41
	Desvio padrão	1,59	1,60	1,54	0,17	1,15	2,20
SET* (°C) (n=318)	Média	22,97	23,33	24,23	24,07	23,33	23,09
	Máxima	26,30	26,80	25,90	25,40	28,10	26,20
	Mínima	21,60	22,20	21,90	22,20	20,60	21,20
	Desvio padrão	1,33	1,11	1,60	1,67	1,81	1,42

Na análise dos dados coletados, observou-se que altos valores para umidade relativa do ar foram registrados, o que tornou interessante o cálculo do índice de temperatura efetiva padrão (SET\*), mesmo com baixas médias de registro da velocidade do ar.

#### 4.2.2. Características dos entrevistados

As características pessoais dos entrevistados, sem divisão por salas, são apresentadas pela Tabela 9. Entre as 318 respostas coletadas por meio dos 159 questionários aplicados, 30,8% dos entrevistados são do sexo feminino e 69,2% do sexo masculino. A idade variou entre vinte e 45 anos, o IMC variou entre 16,36 e 34,72 e a vestimenta variou entre 0,33 e 0,58. Nota-se que o valor 0,33 para a vestimenta é considerado muito baixo para a média em escritórios, no caso, o entrevistado estava vestindo camiseta, bermuda e sandália.

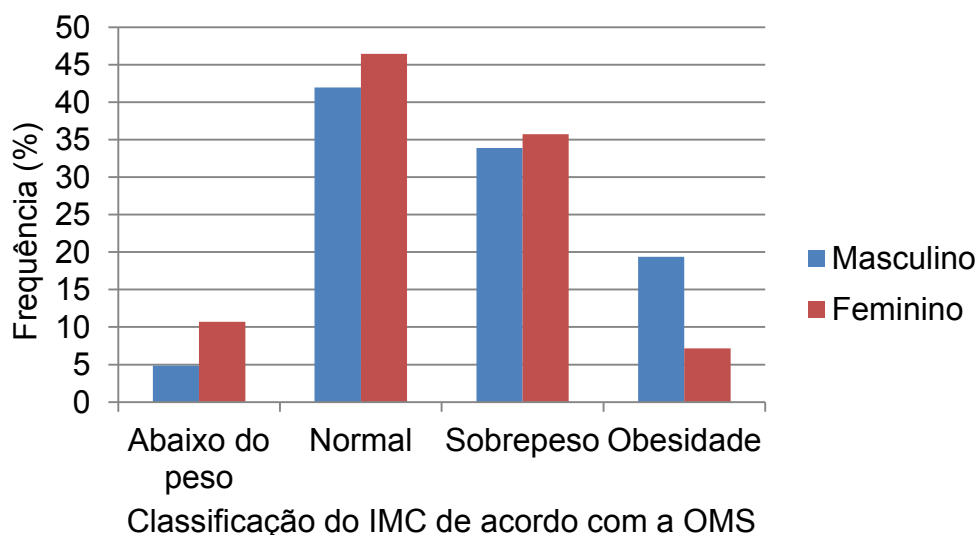
**Tabela 9:** Características dos entrevistados

Parâmetro	Idade (anos)	IMC (kg/m <sup>2</sup> )	Vestimenta (clo)
Média	30,3	25,27	0,58
Máximo	45	34,72	1,00
Mínimo	20	16,36	0,33
Desvio padrão	5,64	3,95	0,18

Devido à pequena quantidade de amostras, optou-se por fazer a análise sem distinção de salas, visto que as medições eram feitas no mesmo instante em todas elas.

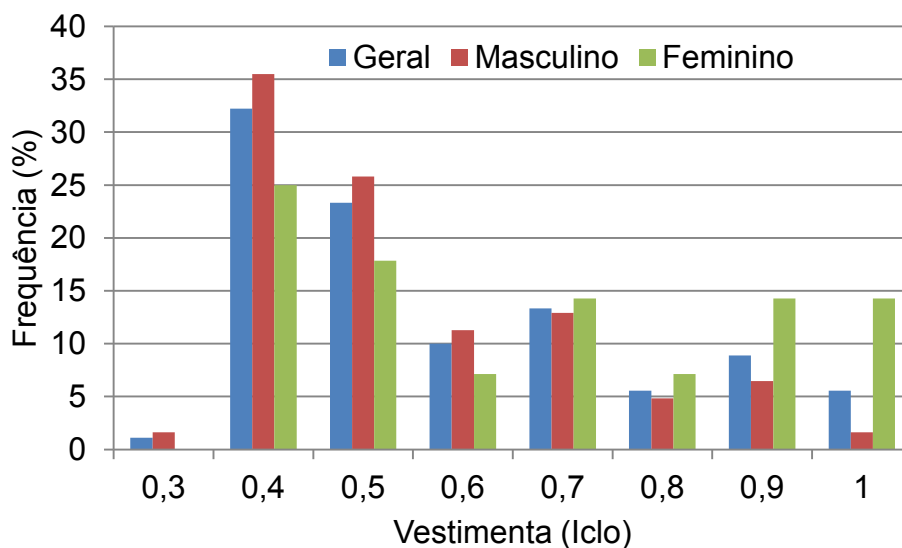
O IMC dos entrevistados foi dividido de acordo com a classificação estabelecida pela OMS. A Figura 18 mostra a divisão dos grupos pelo gênero. Nota-se que a porcentagem de homens entrevistados classificados como obesos é significativamente maior que as mulheres, sendo essa a classe que apresentou maior diferença entre os gêneros.

**Figura 18: IMC para cada gênero**



Quando cruzados os dados de vestimenta com o gênero do entrevistado, nota-se que a média feminina (0,66 clo) é significativamente maior do que a masculina (0,54 clo). A Figura 19 representa o histograma da vestimenta dos entrevistados, considerando o grupo como um todo e cada sexo separadamente.

**Figura 19: Vestimentas dos entrevistados**

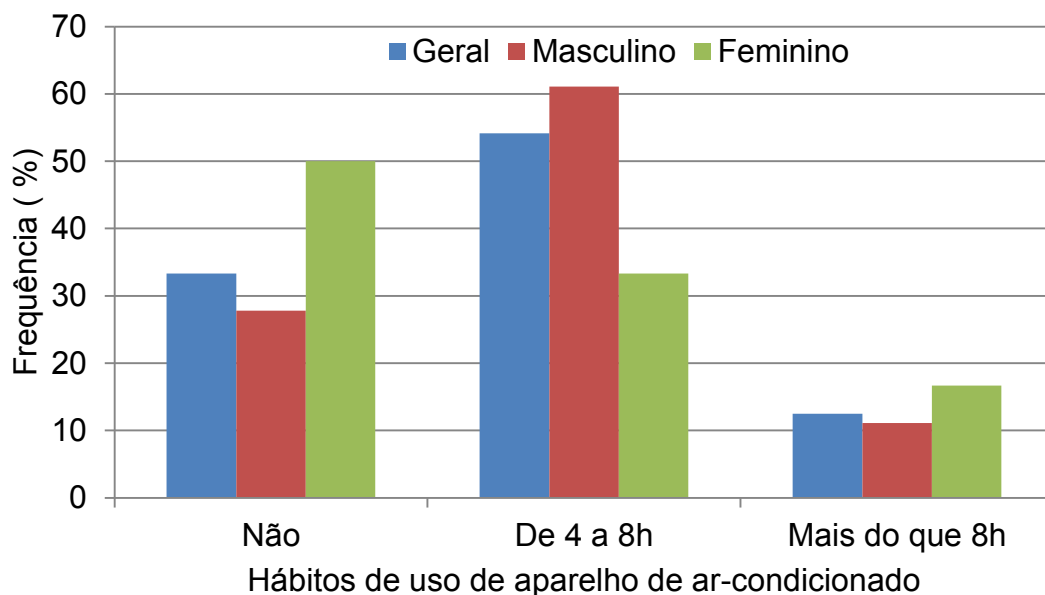


Outro ponto importante para a análise do conforto térmico é a memória térmica dos entrevistados. Com base nas respostas fornecidas no primeiro dia de medição, os usuários foram classificados em quatro grupos de acordo com seus hábitos em relação ao uso de aparelho de ar-condicionado fora do local de trabalho.



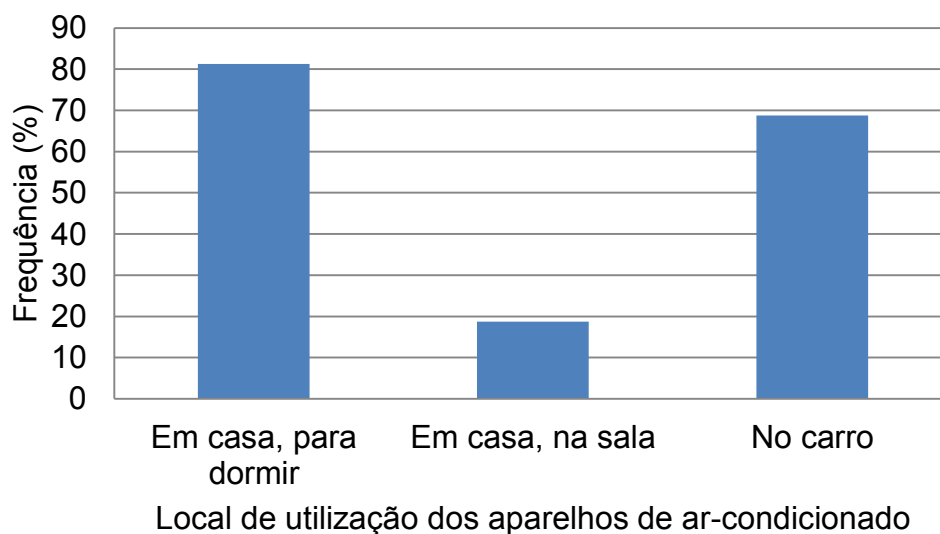
A Figura 20 mostra a classificação dos usuários quanto ao uso de ar-condicionado.

**Figura 20:** Hábitos dos entrevistados em relação ao uso de aparelhos de ar-condicionado



Foi questionado em quais condições e locais as pessoas faziam uso dessa estratégia de climatização. Dentre as opções fornecidas pelo questionário, a situação mais citada para uso do aparelho de ar-condicionado foi em casa, para dormir. A Figura 21 mostra a frequência que cada local aparece nas respostas. Nota-se que a soma das porcentagens ultrapassa 100% pois mais de uma resposta era permitida por entrevistado. Todos os entrevistados que afirmaram usar aparelhos de ar-condicionado responderam que apenas faziam uso do aparelho em dias muito quentes.

**Figura 21:** Frequência dos locais onde os entrevistados usam aparelhos de ar-condicionado

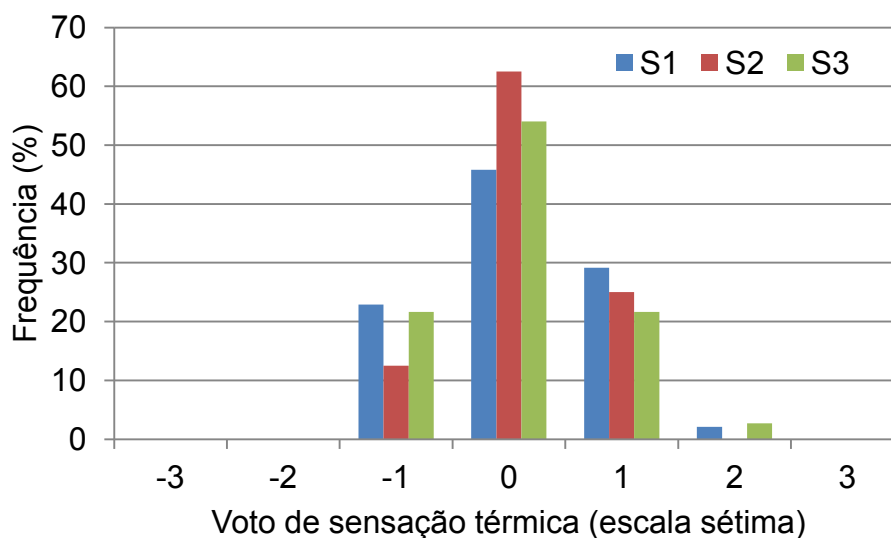


#### 4.2.3. Respostas subjetivas e índices de conforto térmico

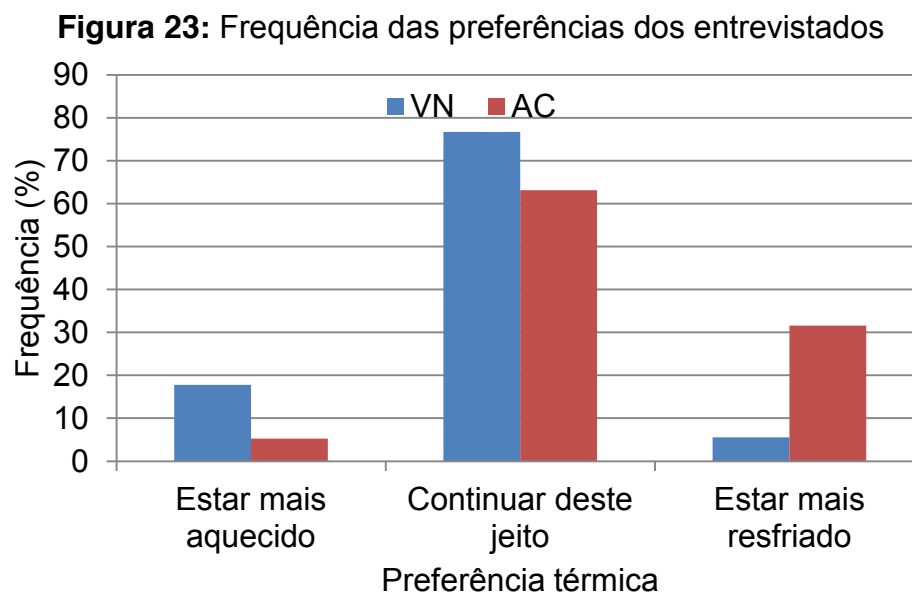
Nesta subseção, são comparadas as respostas de sensações térmicas fornecidas pelos usuários e os índices calculados, além de apresentar o cruzamento desses itens com os dados coletados sobre variáveis ambientais e características dos entrevistados.

A Figura 22 mostra a frequência de cada voto de sensação térmica coletado pelo questionário durante os estudos de campo. Nota-se a baixa frequência dos votos que caracterizam a zona de desconforto térmico (votos -3, -2, 2 e 3) e a maioria das pessoas se sentiram termicamente neutras (voto 0).

**Figura 22:** Votos de sensação térmica

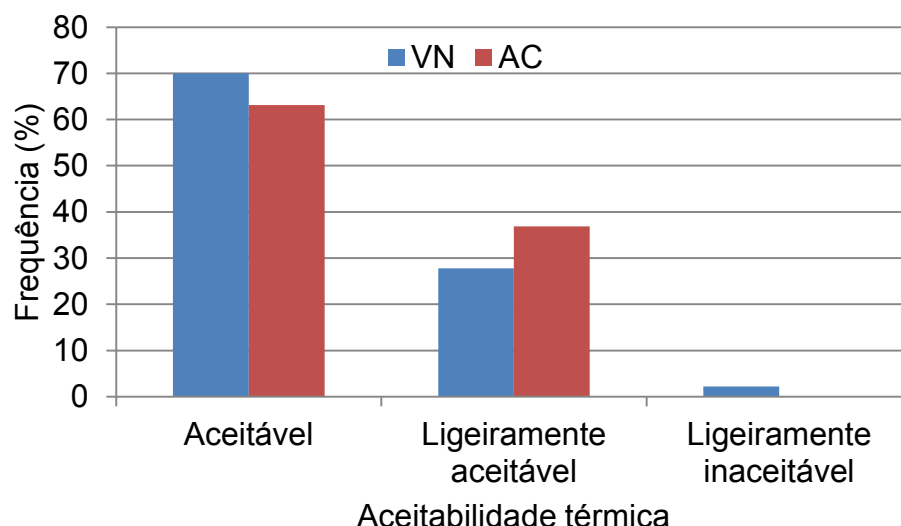


A frequência dos votos de preferência dos entrevistados (com escala de -1 a 1) é representada na Figura 23. Nota-se que a maioria dos entrevistados votou pela opção “continuar deste jeito”, o que é condizente com os votos da escala sétima demonstrados na Figura 22.



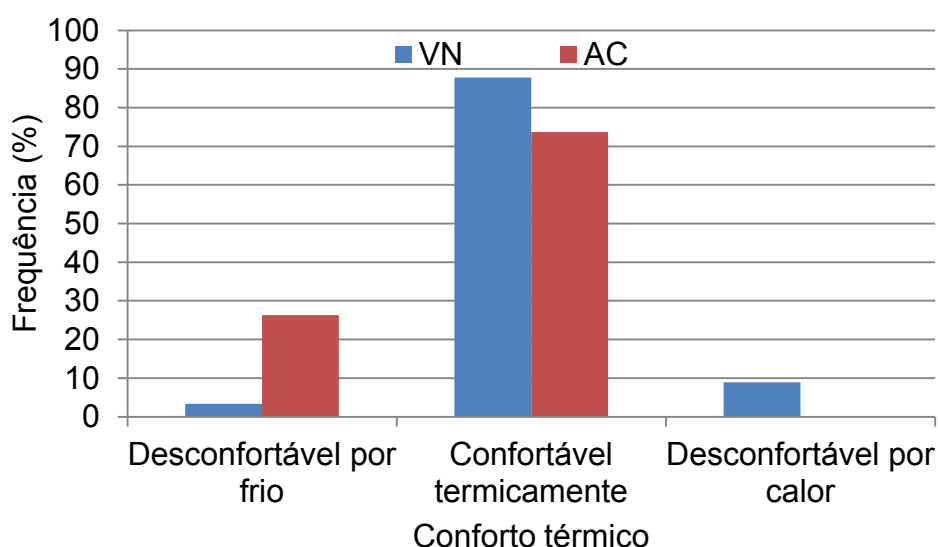
Apesar da preferência dos entrevistados por estar mais resfriado ter frequência maior nos momentos de climatização por ar-condicionado, a Figura 24 mostra que não houve votos de “ligeiramente inaceitável” nesse modo de operação, apenas no modo de ventilação natural. Não foram registrados votos de inaceitável, por isso não consta essa opção na Figura 23. Com a opção de quatro alternativas para a aceitabilidade, nota-se que a porcentagem de votos “aceitável” não ultrapassou 70%. No estudo de Rupp (2018), no qual foi utilizada a escala binária (aceitável e inaceitável) o índice de aceitabilidade foi maior do que 90%, essa diferença pode ser relacionada com o fato de que com mais opções de voto, os usuários têm mais possibilidade de expressarem suas opiniões.

**Figura 24:** Frequência dos votos de aceitabilidade térmica dos entrevistados



Os entrevistados responderam diretamente se a sensação no momento era de conforto ou desconforto térmico. Como o esperado, não houve votos em desconforto por calor no modo de climatização por ar-condicionado. Alguns ocupantes sentiram a necessidade de estarem mais resfriados, mas não chegaram a apontar desconforto por calor. A Figura 25 mostra a distribuição dos votos de conforto térmico dos usuários. Nota-se que 25% dos entrevistados relataram desconforto por frio no modo de climatização por ar-condicionado e cerca de 90% estavam confortáveis termicamente no modo de operação por ventilação natural.

**Figura 25:** Frequência de votos de conforto térmico dos entrevistados



A respeito da preferência sobre ventilação no ambiente, os votos foram separados em duas categorias: aceitável e inaceitável. A Tabela 10 mostra a distribuição de votos.

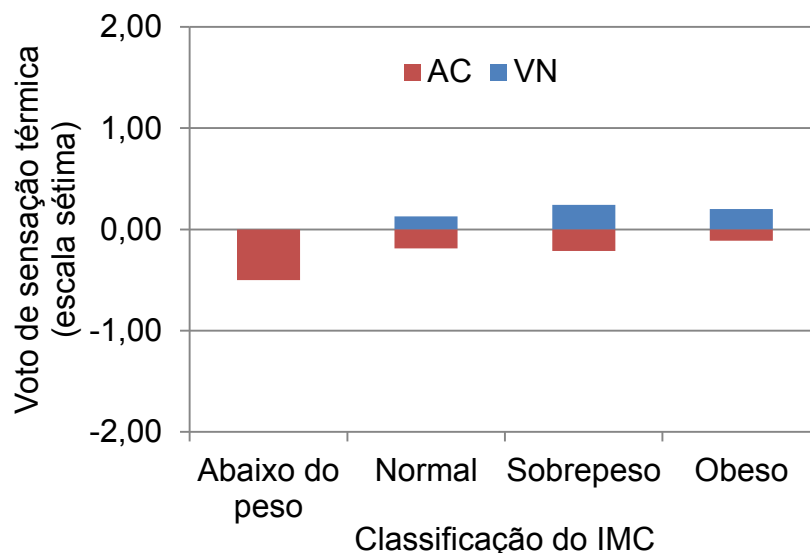
**Tabela 10:** Aceitabilidade da ventilação do ar interno

Ventilação	Modo de operação	
	VN	AC
Aceitável (%)	74,71	78,95
Inaceitável (%)	25,29	21,05

Dentre as respostas de insatisfação com a velocidade de circulação do ar interno no modo de operação por ventilação natural, foi praticamente unânime a demanda por mais ventilação, sendo até sugerido por um entrevistado o uso de ventiladores individuais. Entre os insatisfeitos com a ventilação do ar interno no modo de operação por ar-condicionado, houve igualdade no número de votos por mais ventilação e por menos ventilação. Isso pode ter relação com o posicionamento das pessoas na sala, visto que os aparelhos nem sempre estavam com a opção *swing* (troca de direção automática) ativada.

Para analisar a influência do IMC dos entrevistados nos votos de sensação térmica, decidiu-se calcular a média dos votos para cada classificação do IMC. Cogitou-se avaliar esses dados com o índice SET\*, porém, devido ao baixo número amostral, não foi possível relacionar os três dados juntos. A Figura 26 mostra as médias obtidas e as Tabelas 11 e 12 mostram, além da média, as outras variáveis estatísticas.

**Figura 26:** Média dos votos de sensação térmica por cada categoria de IMC



**Tabela 11:** Votos de sensação térmica por categoria do IMC no modo de climatização por ventilação natural

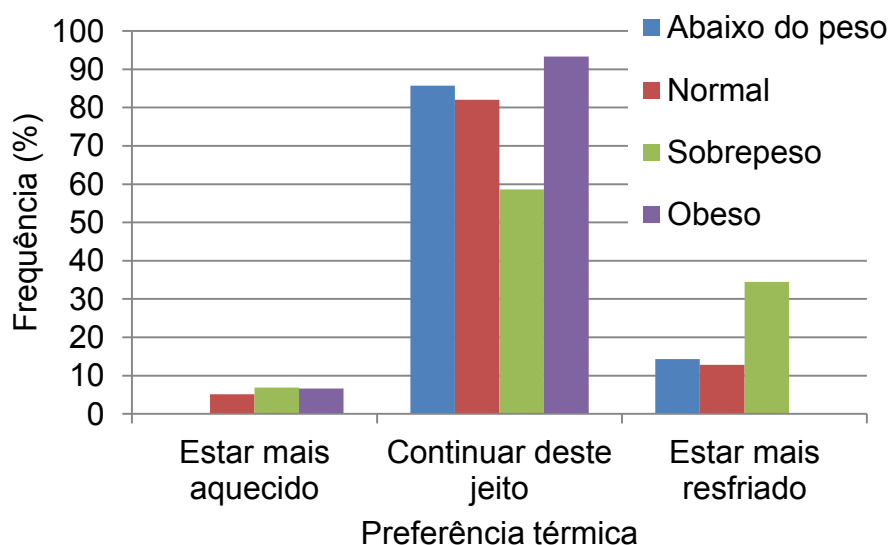
Categoria	Abaixo do peso (n=18)	Normal (n=118)	Sobrepeso (n=83)	Obeso (n=36)
Média	0,00	0,13	0,23	0,20
Desvio padrão	0,53	0,65	0,80	0,54
Máximo	1,00	1,00	2,00	1,00
Mínimo	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00

**Tabela 12:** Votos de sensação térmica por categoria do IMC no modo de climatização por ar-condicionado

Categoria	Abaixo do peso (n=5)	Normal (n=29)	Sobrepeso (n=20)	Obeso (n=9)
Média	-0,50	-0,19	-0,21	-0,11
Desvio padrão	0,45	0,47	0,47	0,44
Máximo	0,00	1,00	1,00	1,00
Mínimo	-1,00	-1,00	-1,00	-1,00

Nota-se que as pessoas acima do peso (sobrepeso e obeso) tendem a possuir médias mais altas para os dois modos de climatização. Isso levaria a crer que essas duas classes têm preferência por “estar mais resfriado”, porém a Figura 27 mostra que o grupo de obesos não possui nenhum voto com essa preferência. O grupo de pessoas classificadas com sobrepeso apresentou alto desvio padrão nos votos de sensação térmica quando as salas foram operadas em ventilação natural, fato condizente com a variabilidade dos votos de preferência apresentados na Figura 27.

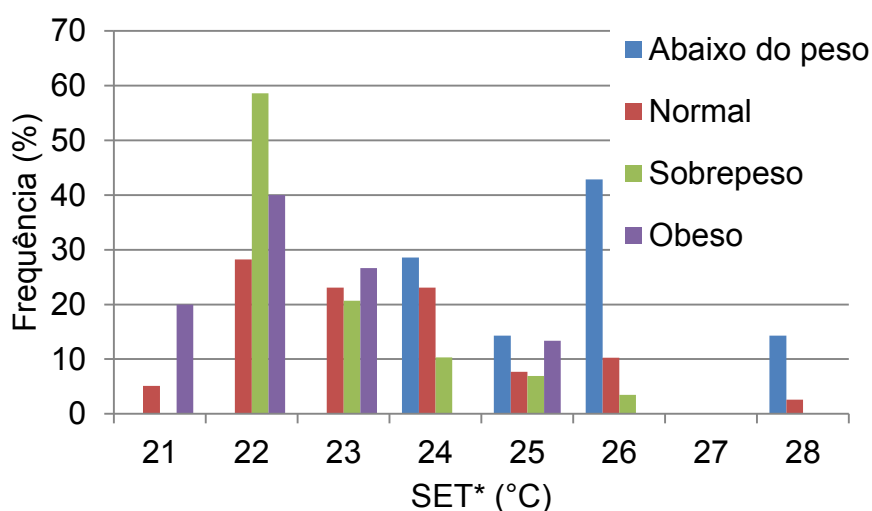
**Figura 27:** Preferência térmica de acordo com cada classe de IMC no modo de operação por ventilação natural



Quando comparadas as respostas de preferência térmica com o IMC dos entrevistados no modo de climatização por ar-condicionado, nota-se que os únicos grupos que desejaram “estar mais resfriado” foram de sobrepeso e obeso. Esses dados coincidem com as médias registradas na Figura 26.

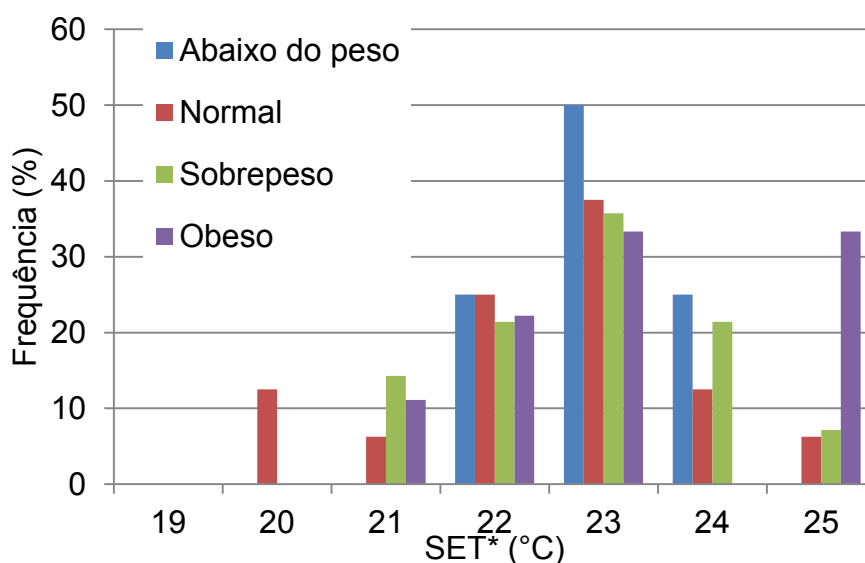
Ao realizar o cruzamento de dados entre IMC e temperatura efetiva padrão (SET\*), a fim de padronizar a questão de vestimentas e salas, nota-se, na Figura 28, que as categorias de IMC acima do peso normal tendem a obter valores menores de SET\*, enquanto a categoria abaixo do peso tende a obter valores maiores. Esses resultados estão de acordo com os resultados obtidos por Menegatti, Rupp e Ghisi (2018).

**Figura 28:** Valores de SET\* para cada categoria de IMC no modo de operação por ventilação natural



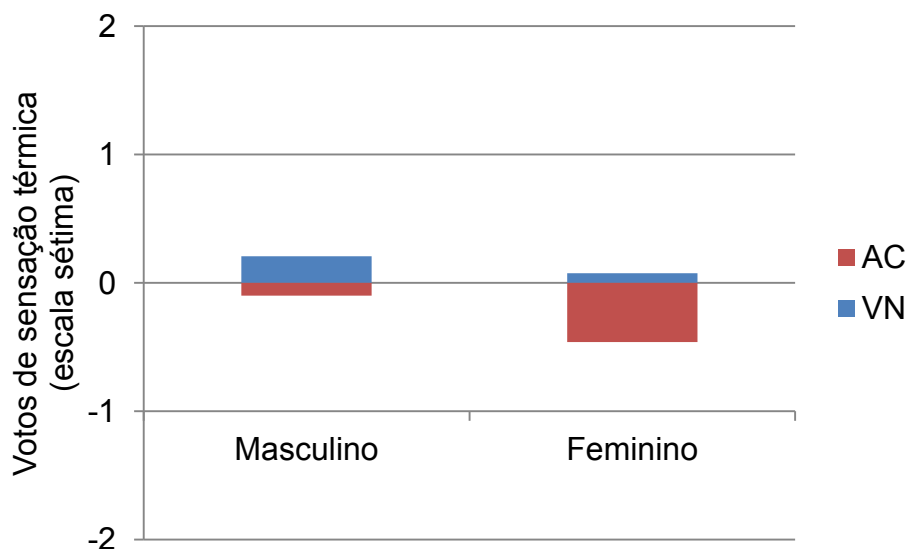
Cruzando os dados do IMC com o índice SET\*, no modo de climatização por ar-condicionado, nota-se que, com exceção do grupo de obesos, há a concentração dos valores na faixa de 22 a 24°C. O fato do grupo de obesos ter essa distribuição, apresentada na Figura 29, pode estar relacionada com o pequeno grupo amostral.

**Figura 29:** Valores de SET\* para cada categoria de IMC no modo de operação por ar-condicionado



Outra análise realizada foi o cruzamento entre os dados de sexo com os de sensação térmica das pessoas. A Figura 30 mostra as médias dos votos da escala sétima obtidas para cada gênero, demonstrando que os ocupantes do sexo masculino possuem médias mais altas nos dois modos de climatização. As Tabelas 13 e 14 mostram as outras variáveis estatísticas para essa amostra.

**Figura 30:** Média dos votos de sensação térmica por sexo





**Tabela 13:** Votos de sensação térmica por sexo no modo de climatização por ventilação natural

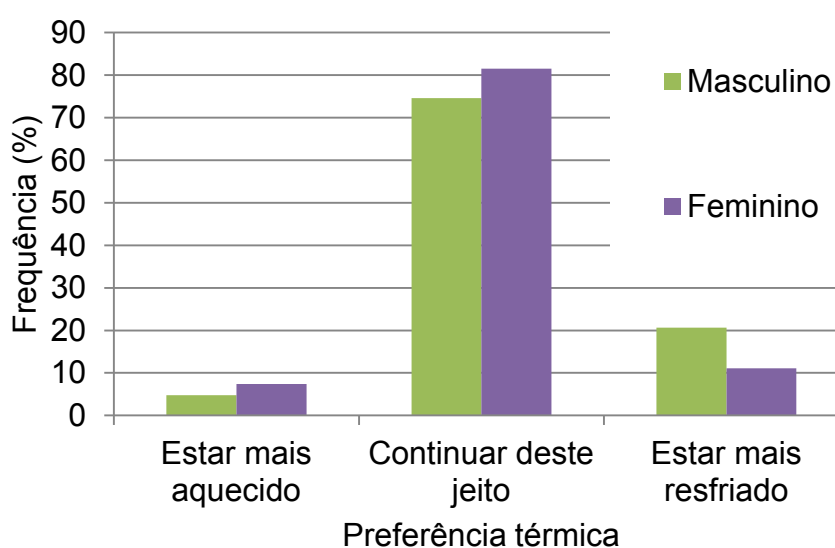
Parâmetro	Masculino (n=177)	Feminino (n=78)
Média	0,21	0,07
Desvio padrão	0,72	0,59
Máximo	2,00	1,00
Mínimo	-1,00	-1,00

**Tabela 14:** Votos de sensação térmica por sexo no modo de climatização por ar-condicionado

Parâmetro	Masculino (n=43)	Feminino (n=20)
Média	-0,10	-0,46
Desvio padrão	0,49	0,41
Máximo	1,00	0,00
Mínimo	-1,00	-1,00

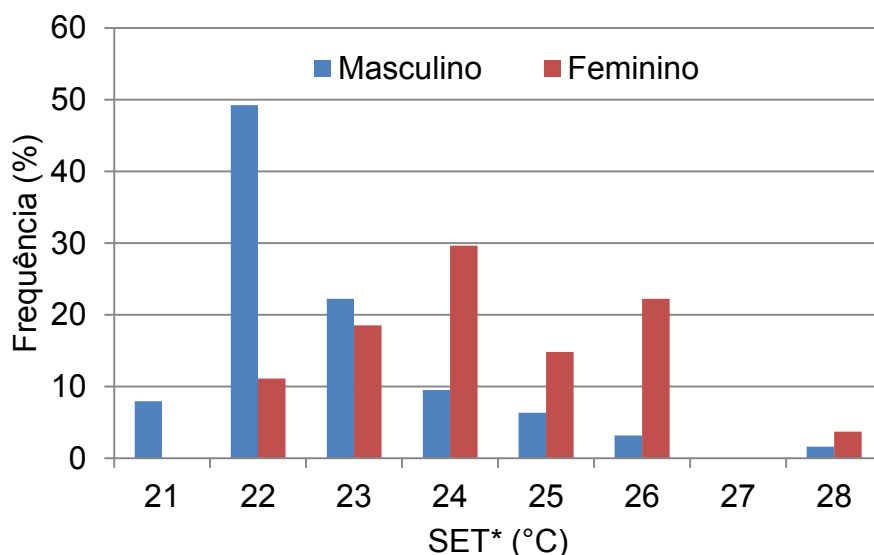
Na análise da preferência térmica, nota-se a coerência dos resultados com os votos de sensação térmica. Neste caso, usuários do sexo masculino tendem a preferir temperaturas mais baixas do que as entrevistadas do sexo feminino, justificando, assim, as médias mais altas para a sensação térmica. Esses resultados estão de acordo com os resultados apresentados por Maykot, Rupp e Ghisi (2018), caracterizando influência do gênero na sensação térmica.

**Figura 31:** Preferência térmica de acordo com o gênero no modo de operação por ventilação natural

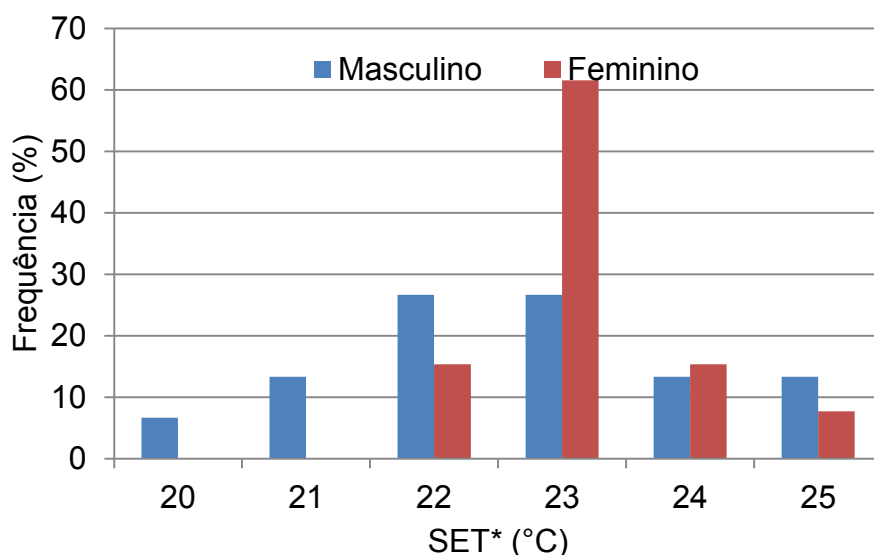


As Figuras 32 e 33 mostram as frequências dos valores de SET para cada gênero. Nota-se que para ambas as estratégias de climatização, os entrevistados do sexo masculino apresentam valores SET\* menores do que as do sexo feminino.

**Figura 32:** Valores de SET\* para cada sexo no modo de operação por ventilação natural



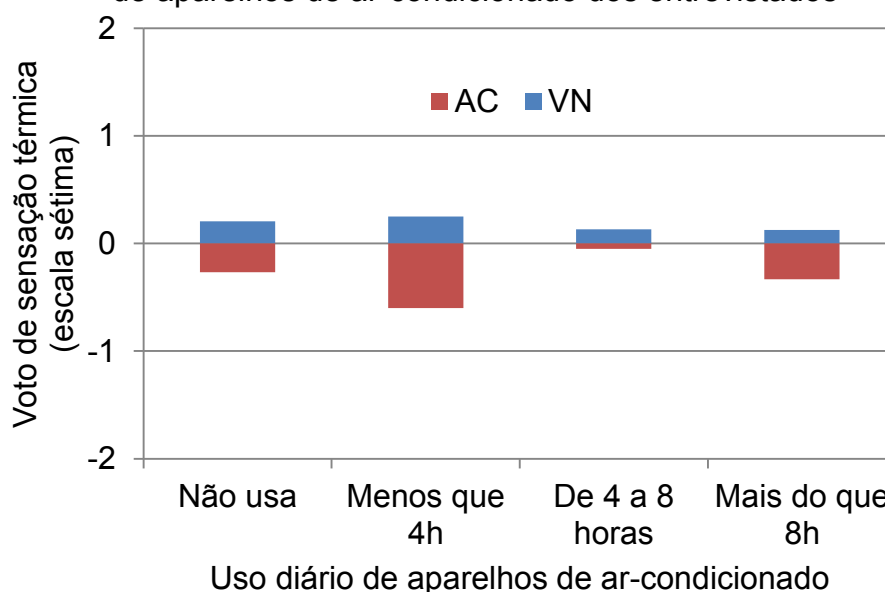
**Figura 33:** Valores de SET\* para cada sexo no modo de operação por ar-condicionado



Como principal modo de adaptação por parte dos usuários, tem-se a escolha de vestimentas. O fato dos entrevistados do sexo masculino apresentarem menor índice SET\* pode estar relacionado com o índice clo demonstrado na Figura 19, onde nota-se que as vestimentas utilizadas por eles têm, em média, menos isolamento do que as das mulheres.

Quando analisada a interferência da memória térmica nos votos de sensação térmica, não foi possível estabelecer alguma correlação. A Figura 34 mostra as médias dos votos de sensação térmica para quatro grupos de pessoas: as que não usam aparelhos de ar-condicionado, as que usam menos que quatro horas por dia, as que usam entre quatro e oito horas por dia e as que usam mais do que oito horas por dia.

**Figura 34:** Média dos votos de sensação térmica de acordo com os hábitos de uso de aparelhos de ar-condicionado dos entrevistados



Como a Figura 34 mostra, não há relação direta dos votos de sensação térmica com os hábitos de climatização dos entrevistados. Do mesmo modo, os votos de preferência, aceitabilidade e conforto térmico não apresentaram relação entre si e, por isso, não serão exibidos.

Por fim foram comparadas as respostas dos entrevistados com os índices calculados por meio da calculadora *online* CBE *Thermal Comfort Tool*, desenvolvida pela Universidade da Califórnia em Berkeley de acordo com a norma ASHRAE 55 (2017). Deste modo, pode-se verificar a adequabilidade da norma para esse tipo de edificação.

As Tabelas 15 e 16 mostram as variáveis estatísticas dos índices para o modo de climatização por ventilação natural e por ar-condicionado, respectivamente.

**Tabela 15:** Médias dos índices de conforto térmico respondidos pelos usuários e dos calculados no modo de climatização por ventilação natural

	Variáveis	Média	Desvio padrão	Máximo	Mínimo
Respostas dos usuários (n=255)	Sensação térmica	0,17	0,69	2,00	-1,00
	Preferência	-0,12	0,47	1,00	-1,00
	Aceitabilidade	0,26	0,49	1,00	-1,00
	Conforto térmico	0,06	0,35	1,00	-1,00
Índices calculados (n=255)	T <sub>conf</sub> (°C) Griffiths	22,56	1,67	25,98	17,56
	PMV	-0,56	0,42	0,58	-1,45
	PPD (%)	15,22	9,62	48,00	5,00
	SET (°C)	23,18	1,56	28,10	20,60

**Tabela 16:** Médias dos índices de conforto térmico respondidos pelos usuários e dos calculados no modo de climatização por ar-condicionado

	Variáveis	Média	Desvio padrão	Máximo	Mínimo
Respostas dos usuários (n=63)	Sensação térmica	-0,21	0,67	1,00	-1,00
	Preferência	0,26	0,56	1,00	-1,00
	Aceitabilidade	0,37	0,50	1,00	0,00
	Conforto térmico	-0,26	0,45	0,00	-1,00
Índices calculados (n=63)	T <sub>conf</sub> (°C) Griffiths	24,04	1,55	26,88	22,41
	PMV	-0,52	0,35	0,31	-1,30
	PPD (%)	13,23	7,67	40,00	5,00
	SET (°C)	22,93	1,21	25,28	20,41

Nota-se que os votos de sensação térmica, respondido pelos entrevistados, e o índice PMV, calculado para cada entrevistado, possuem médias significativamente diferentes em ambos os modos de climatização, seguindo a tendência observada por Rupp et al. (2016) que o modelo da ASHRAE-55 superestima a sensação de frio dos usuários principalmente no modo de ventilação natural.

A respeito da insatisfação dos entrevistados, somando os votos de insatisfeito por calor ou por frio, chegou-se no valor de 12,2% no modo de climatização por ventilação natural, inferior ao índice PPD calculado, e 14,3% no modo de climatização por ar-condicionado, superior ao índice PPD calculado.

## 5. Conclusões

A pesquisa de campo deste trabalho foi realizada por meio de entrevistas e coleta de dados climáticos em salas comerciais de um edifício com fachada ventilada na cidade de São José/SC. Com os resultados obtidos e os índices calculados, foi possível verificar relações entre esses dados visando atingir os objetivos do trabalho.

Uma das principais conclusões foi que, no modo de ventilação natural, os entrevistados tendem a reportar sensação de calor com mais frequência (média de 0,17 na escala sétima), diferentemente do que acontece quando o aparelho de ar-condicionado está ligado (média de -0,21). De Vecchi (2015) obteve conclusão similar no estudo realizado no ano de 2014 em edificações com ventilação híbrida. Porém, é importante considerar que a autora, assim como esse trabalho, obteve poucas respostas no período de primavera e verão, impossibilitando a análise profunda acerca da influência do modo de operação por ar-condicionado na percepção térmica dos entrevistados.

Quando comparadas as respostas subjetivas dos entrevistados com os índices obtidos de acordo com a ASHRAE-55 (2017), notam-se diferenças significativas.

Durante a coleta em que as salas operavam com modo de climatização por ventilação natural foi observada a maior diferença na sensação térmica dos usuários. Enquanto os valores de PMV calculados acusam que os entrevistados deveriam ter sensação de frio, as respostas subjetivas mostraram que o grupo tendia a ter sensação de calor.

Essa superestimação da sensação de frio também ocorreu com modo de climatização por ar-condicionado, porém com menor diferença entre os valores de PMV calculados e os votos subjetivos. Ambos apontaram que os entrevistados tendiam a ter sensação de frio.

Rupp (2018) observou essa superestimação de frio apontada pela ASHRAE-55, e concluiu que, para edificações com ventilação híbrida operando no modo de ventilação natural, o modelo analítico não estima valores próximos aos observados em campo.

Quando comparadas as características antropométricas com os votos de sensação térmica, foram observadas as seguintes relações:

- Em relação ao sexo dos entrevistados, notou-se que, tanto para climatização por ventilação natural quanto por ar-condicionado, o grupo feminino demonstrou ter mais sensação de frio. Esse resultado se mostra condizente com os resultados apontados por Maykot, Rupp e Ghisi (2018).

- Quando comparadas as características de estatura e peso, por meio do IMC, notou-se que o grupo de pessoas acima do peso (sobrepeso e obeso) demonstrou ter mais sensação de calor do que os entrevistados com IMC considerado normal e abaixo do peso. Foi observado, também, que no modo de climatização por ar-condicionado, os únicos grupos que desejaram “estar mais resfriado” foram de sobrepeso e obeso.

Devido ao pequeno grupo amostral, não foi possível cruzar informações sobre a memória térmica dos entrevistados. Não foi possível, também, separar o grupo por faixa etária para analisar a influência da idade na percepção térmica, visto que os entrevistados tinham idades muito próximas.

Foi encontrada relação entre a temperatura média predominante do ar externo e a temperatura de conforto, porém, como citado na seção 4.2, os valores da temperatura do ar interno e temperatura operativa são duvidosos, portanto, neste trabalho, não foi possível realizar conclusões a respeito da influência da temperatura do ar externo na percepção térmica dos usuários.

Para os dados obtidos em campo e as respostas dos entrevistados, nota-se que as salas estudadas obtiveram boa aceitabilidade dos usuários em relação ao conforto térmico dos ocupantes, dando possibilidade a mais estudos sobre o conforto térmico em edifícios com fachada ventilada.

## **5.1. Limitações do trabalho**

Este trabalho teve como limitações:

- Valores do índice de resistência térmica das vestimentas ( $I_{clo}$ ) e atividades metabólicas (met) foram retirados da ISO 7730. Na análise da vestimenta, não foi possível encontrar correspondência de algumas peças de roupas utilizadas pelos usuários com os valores fornecidos pela norma;

- A amostragem e o período de estudos também apresentaram limitações. Devido ao baixo número de edifícios com fachada ventilada na região, aliado ao não interesse da maioria dos escritórios em colaborar com a pesquisa, a análise dos dados é significativamente afetada quando se escolhe separar as respostas por grupos de pessoas, como gênero, idade, memória térmica e peso. Além disso, a

coleta de dados foi realizada no período de inverno e começo da primavera, e, mesmo ocorrendo registros da temperatura do ar externo acima dos 30°C, não houve muitos dias com temperaturas altas.

## **5.2. Sugestões para trabalhos futuros**

Para trabalhos futuros, sugere-se:

- Estudar mais salas da edificação em outras estações climáticas, visando verificar o desempenho térmico das fachadas ventiladas e conforto térmico dos usuários ao longo do ano;
- Analisar outros fatores, como conforto acústico nos edifícios de fachada ventilada, com o intuito de verificar outros possíveis benefícios do sistema de revestimento;
- Nota-se que, em levantamentos de campo, novos edifícios com fachadas ventiladas estão sendo construídos na região de Florianópolis para outros fins de utilização. Pode-se analisar o conforto térmico nesses edifícios considerando diferentes atividades desenvolvidas pelos usuários.

## Referências

ANDREASI, Wagner Augusto; LAMBERTS, Roberto; CÂNDIDO, Christhina. Thermal acceptability assessment in buildings located in hot and humid regions in Brazil. **Building And Environment**, [s.l.], v. 45, n. 5, p.1225-1232, maio 2010. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2009.11.005>.

AMERICAN SOCIETY OF HEATING REFRIGERATING AND AIR-CONDITIONING ENGINEERS. **ANSI/ASHRAE STANDARD 55**: Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy. Atlanta: American Society Of Heating Refrigerating And Air-conditioning Engineers, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR15220-3**: Desempenho térmico de edificações - Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social. Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2005.

BALANÇO ENERGÉTICO NACIONAL. **Relatório Final 2017**: ano base 2016. EPE, 2016. Rio de Janeiro, 296p.

BARBOSA, Miriam Jerônimo; LAMBERTS, Roberto; GUTHS, Saulo. Uso de barreiras de radiação para minimizar o erro no registro das temperaturas do ar em edificações. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 8, n. 4, p.117-136, 17 dez. 2008.

BARBOSA, Sabrina Andrade; TIBÚRCIO, Túlio Márcio de Salles; CARLO, Joyce Correna; GUIMARÃES, Ítalo Bruno Baleeiro. Método de utilização do programa Energyplus para verificação de desempenho térmico de ambientes com fachadas duplas. **Ambiente Construído**, [s.l.], v. 13, n. 4, p.121-134, dez. 2013. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212013000400009>.

CÂNDIDO, Christhina.; DE DEAR, Richard. J.; OHBA, Masaaki. Effects of artificially induced heat acclimatization on subjects' thermal and air movement preferences. **Building and Environment**, v. 49, p. 251–258, 2012.

CHENG, Yuanda; NIU, Jianlei; GAO, Naiping. Thermal comfort models: A review and numerical investigation. **Building And Environment**, [s.l.], v. 47, p.13-22, jan. 2012. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.buildenv.2011.05.011>.

DE VECCHI, Renata. **Avaliação de conforto térmico em edificações comerciais que operam sob sistemas mistos de condicionamento ambiental em clima temperado e úmido**. 2015. 237 f. Tese (Doutorado) - Curso de



Engenharia Civil, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2015.

DE VECCHI, Renata; CÂNDIDO, Christhina; LAMBERTS, Roberto. Thermal history and its influence on occupants' thermal acceptability and cooling preferences in warm-humid climates: a new desire for comfort? 190 Proceedings of the 7th Windsor Conference: The changing context of comfort in an unpredictable world. **Anais...**Cumberland Lodge, London UK: 2012.

DE VECCHI, Renata; LAMBERTS, Roberto; CANDIDO, Christhina Maria. The role of clothing in thermal comfort: how people dress in a temperate and humid climate in Brazil. **Ambiente Construído**, [s.l.], v. 17, n. 1, p.69-81, mar. 2017. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212017000100124>.

DICKSON, Allan. **Modelling Double-Skin Facades**. 2004. 118 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mecânica, Departamento de Engenharia Mecânica, University Of Strathclyde, Glasgow, UK, 2004. Disponível em: <[http://www.esru.strath.ac.uk/Documents/MSc\\_2004/dickson.pdf](http://www.esru.strath.ac.uk/Documents/MSc_2004/dickson.pdf)>. Acesso em: 05 maio 2018.

DUTRA, Miguel Resendes. **Caracterização de Revestimentos em Fachadas Ventiladas. Análise do Comportamento**. 2010. 102 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil, Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2010. Disponível em: <<https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/395140450819/Tese>>. Acesso em: 20 maio 2018.

FANGER, Povl Ole. **Thermal comfort - analysis and applications in environmental engineering**. Copenhagen: Darlish Technical Press, 1970.

GRATIA, Elisabeth; DE HERDE, André. Optimal operation of a south double-skin facade. **Energy And Buildings**, [s.l.], v. 36, n. 1, p.41-60, jan. 2004. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2003.06.001>.

INTERNATIONAL STANDARD ORGANIZATION. **ISO 7726**: Ergonomics of the thermal environment — Instruments for measuring physical quantities. 2 ed. Geneva, Switzerland: Iso Copyright Office, 1998. 54 p. Disponível em: <[www.iso.org](http://www.iso.org)>. Acesso em: 30 jun. 2018.

INTERNATIONAL STANDARD ORGANIZATION. **ISO 7730**: Ergonomics of the thermal environment — Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort

criteria. 3 ed. Geneva, Switzerland: Iso Copyright Office, 2005. 60 p. Disponível em: <www.iso.org>. Acesso em: 02 jun. 2018.

MANZ, Heinrich; FRANK, Thomas. Thermal simulation of buildings with double-skin façades. **Energy And Buildings**, [s.l.], v. 37, n. 11, p.1114-1121, nov. 2005. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2005.06.014>.

MAYKOT, Jéssica Kuntz; RUPP, Ricardo Forgiarini; GHISI, Enedir. Assessment of gender on requirements for thermal comfort in office buildings located in the Brazilian humid subtropical climate. **Energy And Buildings**, [s.l.], v. 158, p.1170-1183, jan. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.11.036>.

MENEGATTI, Matheus de Cezaro; RUPP, Ricardo Forgiarini; GHISI, Enedir. Influência do índice de massa corpórea e frequência de atividades físicas no conforto térmico humano: análise estatística de dados de estudo de campo com usuários de escritórios em Florianópolis, SC. **Ambiente Construído**, [s.l.], v. 18, n. 3, p.119-133, set. 2018. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212018000300271>.

MIZGIER, Martin; PENSO, Emerson. Desempenho térmico de fachadas ventiladas como proposta de retrofit em edifícios comerciais na cidade de São Paulo. In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 16., 2016, São Paulo. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2016.

MONTEIRO, Verônica Stefanichen.; PEZZUTO, Cláudia Cotrim. Influência dos elementos da envoltória na eficiência energética de edificações. **Encontro de Iniciação em Desenvolvimento Tecnológico e Inovação**, 2, 2012, Campinas, Sp. Campinas, Sp: Splendet Puc-Campinas, 2012.

MÜLLER, Alexandre; ALARCON, Orestes Estevam. Desenvolvimento de um sistema de fachada ventilada com placas cerâmicas de grês porcelanato voltado para a construção civil do Brasil. **Cerâmica**, [s.l.], v. 51, n. 320, p.354-361, dez. 2005. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s0366-69132005000400009>.

NICOL, Fergus; HUMPHREYS, Michael. Adaptive thermal comfort and sustainable thermal standards for buildings. **Energy and Buildings**, v. 34, p. 563–572, 2002.

OROSA, José Antonio. **Research on the Origins of Thermal Comfort**. v. 34, n. 4, p. 561–567, 2009.

PARSONS, Ken. **Human thermal environments: the effects of hot, moderate, and cold environments on human health, comfort and performance**. London, UK: Taylor & Francis, 2003.

POIRAZIS, Harris. **Double Skin Façades for Office Buildings: Literature Review**. 2004. 406 f. Tese (Doutorado) - Curso de Division Of Energy And Building Design, Department Of Construction And Architecture, Lund University, Lund, 2008. Disponível em: <<http://lup.lub.lu.se/record/963839>>. Acesso em: 28 maio 2018.

ROAF, Sue; NICOL, Fergus; HUMPHREYS, Michael; TUOHY, Paul; BOERSTRA, Atze. Twentieth century standards for thermal comfort: promoting high energy buildings. **Architectural Science Review**, [s.l.], v. 53, n. 1, p.65-77, fev. 2010. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.3763/asre.2009.0111>.

RUPP, Ricardo. Forgiarini. **Conforto térmico humano em edificações de escritórios localizadas no clima subtropical úmido de Florianópolis/SC**. 2018. 289 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2018. Disponível em: <[http://www.labee.ufsc.br/sites/default/files/publicacoes/teses/2018\\_RFRupp\\_Tese\\_A5\\_FINAL.pdf](http://www.labee.ufsc.br/sites/default/files/publicacoes/teses/2018_RFRupp_Tese_A5_FINAL.pdf)>. Acesso em: 01 jun. 2018.

RUPP, Ricardo Forgiarini; DE VECCHI, Renata; ASMUS, Bernardo Farias; CANDIDO, Christhina; GHISI, Enedir. Conforto térmico humano em escritórios com sistema central de condicionamento artificial em clima subtropical úmido: estudos de campo vs. abordagem analítica. **Ambiente Construído**, [s.l.], v. 17, n. 1, p.111-123, 2016. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212017000100127>.

RUPP, Ricardo Forgiarini; VÁSQUEZ, Natalia Giraldo; LAMBERTS, Roberto. A review of human thermal comfort in the built environment. **Energy And Buildings**, [s.l.], v. 105, p.178-205, out. 2015. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2015.07.047>.

SAELENS, Dirk. **Energy Performance Assessments of Single Storey Multiple-Skin Facades**. 2002. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Civil, Laboratory For Building Physics, Department Of Civil Engineering, Catholic University Of Leuven, Leuven, Bélgica, 2009.

SECRETARIA DE ESTADO DE COORDENAÇÃO GERAL E PLANEJAMENTO SUBSECRETARIA DE ESTUDOS GEOGRÁFICOS E ESTATÍSTICOS. **SEPLAN: Atlas e Escolar de Santa Catarina**. Florianópolis, 1991.

SORGATO, Marcio José. **DESEMPENHO TÉRMICO DE EDIFICAÇÕES RESIDENCIAIS UNIFAMILIARES VENTILADAS NATURALMENTE**. 2009. 216 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Centro Tecnológico, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2009.

SOUSA, Fernando Manuel Fernandes. **FACHADAS VENTILADAS EM EDIFÍCIOS Tipificação de soluções e interpretação do funcionamento conjunto suporte/acabamento**. 2010. 138 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Departamento de Engenharia Civil, Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2010.

WONG, PC; PRASAD, Deo; BEHNIA, Masud. A new type of double-skin façade configuration for the hot and humid climate. **Energy And Buildings**, [s.l.], v. 40, n. 10, p.1941-1945, jan. 2008. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2008.04.014>.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. BMI classification. Disponível em: <http://www.euro.who.int/en/health-topics/disease-prevention/nutrition/a-healthy-lifestyle/body-mass-index-bmi>. Acesso em: 20 out. 2018.

## Apêndice

### Avaliação referente ao conforto térmico em salas comerciais

Você está sendo convidado a preencher o seguinte formulário, que tem por objetivo coletar dados para uma pesquisa sobre conforto térmico em edifícios comerciais para realização de uma tese de conclusão de curso.

É importante lembrar que o preenchimento do questionário é voluntário, contudo quanto maior o número de participantes, melhores serão os dados para a pesquisa.

O questionário leva em torno de 4 minutos ou menos para ser preenchido e será aplicado duas vezes no dia em que houver medição no seu setor. O pesquisador passará instruções complementares, caso necessário. Os dados da pesquisa serão armazenados diretamente em uma planilha eletrônica, logo é necessário que seu computador esteja conectado à internet no momento do envio do formulário.

Os dados obtidos nessa pesquisa serão para fins acadêmicos, portanto toda e qualquer informação conferida por meio de questionário ou confiada ao pesquisador no âmbito deste trabalho será sigilosa. Nenhum indivíduo será identificado em qualquer publicação dos resultados e apenas os pesquisadores envolvidos terão acesso aos dados.

Em caso de dúvida, favor entrar em contato.

Felipe Simoni, graduando de Engenharia Civil

[felipe.sat.simoni@gmail.com](mailto:felipe.sat.simoni@gmail.com)

Supervisor:

Ricardo Rupp, Dr.

Enedir Ghisi, PhD.

Universidade Federal de Santa Catarina

Departamento de Engenharia Civil

Laboratório de Eficiência Energética em Edificações

### 1. Identificação do entrevistado

Número da sala: \_\_\_\_\_

Número do entrevistado: \_\_\_\_\_

### 2. Características gerais

Idade: \_\_\_\_\_

Altura: \_\_\_\_\_

Peso: \_\_\_\_\_

Sexo:

☐ Masculino

☐ Feminino

Referente à saúde do entrevistado no dia de hoje:

☐ Estou saudável

☐ Estou resfriado/gripado

☐ Tenho problemas respiratórios (bronquite, asma...)

☐ Tenho sinusite/rinite

☐ Outros: \_\_\_\_\_

### 3. Referente ao seu vestuário, desconsiderando roupas íntimas, assinale todas as peças de roupas que você está utilizando neste momento.



☐ Camiseta/Camisa polo

☐ Camisa manga longa

☐ Camisa manga curta

☐ Suéter manga longa

☐ Suéter manga curta

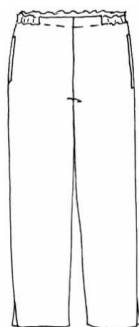
☐ Outros: \_\_\_\_\_

☐ Jaqueta/Paletó fino

☐ Jaqueta/Paletó grosso

☐ Blusa moletom

☐ Colete



- ☐ Calça jeans
  - ☐ Calça social
  - ☐ Calça moletom
  - ☐ Saia curta (joelho)
  - ☐ Outros: \_\_\_\_\_
  - ☐ Saia longa (canela)
  - ☐ Shorts/Bermuda
  - ☐ Vestido
  - ☐ Macacão
- 



- ☐ Meia-calça
  - ☐ Meias de nylon
  - ☐ Meias esportivas
  - ☐ Outros: \_\_\_\_\_
  - ☐ Botas
  - ☐ Tênis/Sapato
  - ☐ Sandálias
- 

#### 4. Sobre a sua rotina de trabalho

Em um dia típico de trabalho, quantas horas você passa no seu local de trabalho?

- ☐ Menos de 4h
- ☐ Entre 4 e 6h
- ☐ Mais que 6h

Qual das seguintes opções descreve melhor a sua atividade de trabalho?

- ☐ Sentado quieto
- ☐ Sentado/Digitando
- ☐ Em pé/Caminhando

### 5. Conhecimento sobre fachada ventilada

Você já ouviu falar no tema fachada ventilada?

- ☐ Sim ☐ Não

Você sabia que a fachada da sua sala possui esse sistema?

- ☐ Sim ☐ Não

Você poderia descrever seus conhecimentos a respeito dos benefícios desse sistema?

---

---

---

### 6. Hábitos do entrevistado

Você faz uso do aparelho de ar-condicionado fora do local de trabalho?

- ☐ Sim, apenas em dias muito quentes  
☐ Sim, quase sempre, independente da temperatura externa  
☐ Não

Em caso afirmativo, marque as alternativas em que você faz uso do aparelho de ar-condicionado:

- ☐ Em casa para dormir  
☐ Em casa, na sala  
☐ No carro

E quantas horas por dia você faz uso do aparelho de ar condicionado?

- ☐ Menos que 4h  
☐ De 4 a 8h  
☐ Mais do que 8h

### 7. Em relação ao seu conforto térmico

Qual é a sua sensação térmica neste momento? (Assinale a alternativa mais apropriada)

- ☐ Com muito frio  
☐ Com frio  
☐ Levemente com frio  
☐ Neutro  
☐ Levemente com calor  
☐ Com calor  
☐ Com muito calor



Você preferiria:

- ☐ Estar mais aquecido      ☐ Continuar desse jeito      ☐ Estar mais resfriado

Você considera o ambiente de trabalho termicamente:

- ☐ Aceitável  
☐ Ligeiramente aceitável  
☐ Ligeiramente inaceitável  
☐ Inaceitável

Neste momento, você considera o seu ambiente de trabalho:

- ☐ Confortável termicamente  
☐ Desconfortável por frio  
☐ Desconfortável por calor

Em relação à ventilação ambiente, você considera:

- ☐ Aceitável, pois a velocidade do ar está baixa  
☐ Aceitável, pois a velocidade do ar está suficiente  
☐ Aceitável, pois a velocidade do ar está alta  
☐ Inaceitável, precisa de mais ventilação  
☐ Inaceitável, precisa de menos ventilação

Entre uma resposta e outra, você deixou seu posto de trabalho por um período superior a 5 minutos?

- ☐ Sim      ☐ Não

Caso tenha algum ponto que você considere relevante em relação ao conforto térmico, descreva.

---

**Segunda etapa, preenchida ao final da coleta de dados.**

Qual é a sua sensação térmica neste momento? (Assinale a alternativa mais apropriada)

- ☐ Com muito frio
- ☐ Com frio
- ☐ Levemente com frio
- ☐ Neutro
- ☐ Levemente com calor
- ☐ Com calor
- ☐ Com muito calor

Você preferiria:

- ☐ Estar mais aquecido
- ☐ Continuar desse jeito
- ☐ Estar mais resfriado

Você considera o ambiente de trabalho termicamente:

- ☐ Aceitável
- ☐ Ligeiramente aceitável
- ☐ Ligeiramente inaceitável
- ☐ Inaceitável

Neste momento, você considera o seu ambiente de trabalho:

- ☐ Confortável termicamente
- ☐ Desconfortável por frio
- ☐ Desconfortável por calor

Em relação à ventilação ambiente, você considera:

- ☐ Aceitável, pois a velocidade do ar está baixa
- ☐ Aceitável, pois a velocidade do ar está suficiente
- ☐ Aceitável, pois a velocidade do ar está alta
- ☐ Inaceitável, precisa de mais ventilação
- ☐ Inaceitável, precisa de menos ventilação

Entre uma resposta e outra, você deixou seu posto de trabalho por um período superior a 5 minutos?

- ☐ Sim
- ☐ Não

Caso tenha algum ponto que você considere relevante em relação ao conforto térmico, descreva.

---